

HOCHSCHULE OSNABRÜCK

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

FAKULTÄT WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

BACHELOR OF SCIENCE ERGOTHERAPIE, LOGOPÄDIE, PHYSIOTHERAPIE

Bachelorarbeit

Thema:

**Haben Übungen mit der Foam Roll einen kurzfristigen Einfluss auf die
Fascia thoracolumbalis?**

Eine randomisierte, kontrollierte Studie

Erstprüfer:	Prof. Herman Josef Maria von Piekartz
Zweitprüfer:	Prof. Dr. Christoff Zalpour
Verfasser:	Annika Griefahn (488270), Jan Oehlmann (481385)

Ausgabedatum: 21.11.2014

Datum der Abgabe: 09.01.2015

Eidesstattliche Erklärung von Annika Griefahn

„Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich meinen Beitrag zur vorliegenden Gruppenarbeit (Kapitel 1) selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; das gleiche gilt für die von den auf dem Titelblatt der Arbeit genannten Autoren gemeinsam verfassten Teile (Kapitel 2, 3, 4, 5, 6). Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Ort, Datum

Unterschrift

Eidesstattliche Erklärung von Jan Oehlmann

„Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich meinen Beitrag zur vorliegenden Gruppenarbeit (Kapitel 7) selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; das gleiche gilt für die von den auf dem Titelblatt der Arbeit genannten Autoren gemeinsam verfassten Teile (Kapitel 2, 3, 4, 5, 6). Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns bei allen Menschen bedanken, die uns durch die Zeit der Bachelorarbeit begleitet und unterstützt haben.

Zunächst einmal wollen wir Prof. Dr. Harry J.M. von Piekartz und Prof. Dr. Christoff Zalpour für ihre zahlreichen Ratschläge und die Betreuung unserer Arbeit danken.

Ein weiterer Dank geht an Kirstin Klau, die uns insbesondere bei Problemen mit der Ultraschalluntersuchung und der Analyse der Faszienbewegung geholfen hat.

Außerdem möchten wir uns auch bei Dr. Andrew Dilley bedanken, der uns die Software für die Berechnung der Faszienbewegungen zur Verfügung gestellt hat und außerdem immer für Fragen bezüglich des Programms zur Verfügung stand.

Zu guter Letzt möchten wir auch unseren Familien und Partnern danken, die uns immer unterstützt haben.

Vorwort

Für die Autoren dieser Arbeit wurden im Zusammenhang mit der Durchführung der Studie die Begriffe Therapeut A und Therapeut B gewählt. Dadurch sollten die einzelnen Aufgaben der Autoren im Rahmen der Studie eindeutig dargestellt werden. Für die Autorin Annika Griefahn wurde daher im Fließtext der Begriff Therapeut A und für den Autor Jan Oehlmann der Begriff Therapeut B verwendet. Zusätzlich kann anhand der Abkürzungen am Ende der Kapitel eingesehen werden, welcher Autor bzw. welche Autorin den jeweiligen Abschnitt verfasst hat. Für die Autorin Annika Griefahn wurde die Abkürzung „AG“ und für den Autor Jan Oehlmann die Abkürzung „JO“ verwendet.

Außerdem wurde in der Arbeit für den Singular der Probanden immer die grammatikalische maskuline Form gewählt, um eine einheitliche Schreibweise beizubehalten. Mit diesem Ausdruck sind in dieser Arbeit sowohl Männer, als auch Frauen gleichermaßen gemeint.

Zur genaueren graphischen Darstellung werden in den Diagrammen und Tabellen folgende Farben zur Kennzeichnung der einzelnen Gruppen verwendet. Die Foam Roll Gruppe wird in blau, die Placebogruppe in grün und die Kontrollgruppe in grau dargestellt.

Zitate, die Informationen aus anderen Arbeiten wiedergeben, wurden in dieser Arbeit mit Anführungszeichen versehen. Um das Zitieren einheitlich zu gestalten, wurden nur für Buchquellen und direkte Zitate die Seitenzahlen im Fließtext angegeben.

Des Weiteren werden Begriffe bzw. Fremdwörter, die im Fließtext mit einer Zahl versehen sind, in der Fußzeile erläutert.

Inhaltsverzeichnis

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG VON ANNIKA GRIEFAHN	II
EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG VON JAN OEHLMANN	III
DANKSAGUNG.....	IV
VORWORT	V
INHALTSVERZEICHNIS	VI
TABELLENVERZEICHNIS	X
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	XII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XIV
ZUSAMMENFASSUNG	XVI
ABSTRACT.....	XVII
1. EINLEITUNG	1
2. THEORETISCHER HINTERGRUND	3
2.1 FASZIEN.....	3
2.1.1 DEFINITION	3
2.1.2 ANATOMIE UND FUNKTION.....	5
2.1.3 PATHOPHYSIOLOGIE UND BEHANDLUNGSMÖGLICHKEITEN	9
2.2 MYOFASCIAL RELEASE	15
2.2.1 BEGRIFFSBESTIMMUNG.....	15
2.2.2 WIRKUNGSMECHANISMUS	17
2.2.3 KLINISCHE RELEVANZ.....	18
2.3 FOAM ROLLER.....	20
2.3.1 BEGRIFFSBESTIMMUNG.....	20
2.3.2 WIRKUNGSWEISE	20
2.3.3 KLINISCHE RELEVANZ.....	22

2.4	ANATOMIE FASCIA THORACOLUMBALIS.....	23
2.4.1	ANATOMIE.....	23
2.4.2	KLINISCHE RELEVANZ.....	26
2.5	SONOGRAPHISCHE DIAGNOSTIK	27
2.5.1	GRUNDLAGEN UND FUNKTIONSWEISE VON ULTRASCHALLDIAGNOSTIK	28
2.5.2	SONOGRAPHIE VON FASZIEN.....	29
2.5.3	SONOGRAPHIE DER FASCIA THORACOLUMBALIS.....	30
2.6	HERLEITUNG DER FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESENBUILDUNG	32
3.	MATERIAL UND METHODE.....	35
3.1	MATERIAL	35
3.1.1	FOAM ROLLER.....	35
3.1.2	MESSINSTRUMENTE	36
3.2	METHODE	42
3.2.1	LITERATURRECHERCHE	42
3.2.2	STUDIENDESIGN	44
3.2.3	PROBANDEN.....	46
3.2.4	DURCHFÜHRUNG DER STUDIE	48
3.3	ETHISCHE GESICHTSPUNKTE	64
3.4	STATISTIK UND DATENAUSWERTUNG.....	65
4.	ERGEBNISSE.....	69
4.1	PROBANDEN (DESKRIPTIVE STATISTIK).....	69
4.2	FASZIENBEWEGLICHKEIT (CROSS CORRELATION NACH DR. ANDREW DILLEY) ...	72
4.3	LUMBALE FLEXION	77
4.4	THORACOLUMBALE FLEXION	82
4.5	MECHANOSENSIVITÄT.....	87

5. DISKUSSION.....	92
5.1 ERGEBNISDISKUSSION.....	92
5.1.1 FASZIENBEWEGLICHKEIT (CROSS CORRELATION NACH DR. ANDREW DILLEY)	92
5.1.2 LUMBALE FLEXION	94
5.1.3 THORACOLUMBALE FLEXION	96
5.1.4 MECHANOSENSIVITÄT.....	97
5.2 METHODENDISKUSSION	98
5.3 MATERIALDISKUSSION	101
5.3.1 UNTERSUCHUNGSBOGEN.....	101
5.3.2 FOAM ROLL.....	101
5.3.3 ULTRASCHALL IN VERBINDUNG MIT DEM CROSS CORRELATION VERFAHREN	102
5.3.4 MODIFIZIERTER, MODIFIZIERTER SCHOBER-TEST	104
5.3.5 GONIOMETRIE	105
5.3.6 ALGOMETRIE	106
6. FALLSTUDIE	107
6.1 EINLEITUNG.....	107
6.2 FORSCHUNGSFRAGE/HYPOTHESEN	109
6.3 MATERIAL	110
6.3.1 VISUELLE ANALOGSKALA	110
6.4 METHODE	111
6.4.1 LITERATURRECHERCHE	111
6.4.2 STUDIENDESIGN	112
6.4.3 PROBANDEN.....	113
6.4.4 STUDIENDURCHFÜHRUNG	113

6.5	ERGEBNISSE	114
6.5.1	PROBANDEN (DESKRIPTIVE STATISTIK).....	114
6.5.2	FASZIENBEWEGLICHKEIT (CROSS CORRELATION NACH DR. ANDREW DILLEY)	115
6.5.3	LUMBALE FLEXION	118
6.5.4	THORACOLUMBALE FLEXION	120
6.5.5	MECHANOSENSIVITÄT.....	122
6.5.6	SUBJEKTIVES SCHMERZEMPFINDEN	123
6.6	DISKUSSION	128
6.6.1	ERGEBNISDISKUSSION.....	128
6.6.2	METHODENDISKUSSION	133
6.6.3	MATERIALDISKUSSION	134
7.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	135
8.	LITERATURVERZEICHNIS.....	136
9.	ANHANG	150

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: URSACHEN FÜR CHRONISCHE RÜCKENSCHMERZEN UNTER BETEILIGUNG DER FTL	27
TABELLE 2: NULL- UND FORSCHUNGSHYPOTHESE DER RANDOMISIERTEN, KONTROLLIER- TEN STUDIE	34
TABELLE 3: GÜTEKRITERIEN SONOGRAPHIE	37
TABELLE 4: GÜTEKRITERIEN MMST	39
TABELLE 5: GÜTEKRITERIEN GONIOMETRIE	40
TABELLE 6: GÜTEKRITERIEN ALGOMETRIE	42
TABELLE 7: EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN DER STUDIE	47
TABELLE 8: EIGENSCHAFTEN DER ERHOBENEN DATEN	68
TABELLE 9: VERGLEICH DER DESKRIPTIVEN DATEN DER PROBANDEN	70
TABELLE 10: VORHER-NACHHER-VERGLEICH DER FASZIENBEWEGLICHKEIT	73
TABELLE 11: VERÄNDERUNGEN DER FASZIENBEWEGLICHKEIT VERGlichen ZWISCHEN DEN GRUPPEN	75
TABELLE 12: VORHER-NACHHER-VERGLEICH DER WERTE DES MMSTs INNERHALB DER GRUPPEN	78
TABELLE 13: VERÄNDERUNGEN DER WERTE DES MMSTs VERGlichen ZWISCHEN DEN GRUPPEN	80
TABELLE 14: VORHER-NACHHER-VERGLEICH DER THORACOLUMBALEN FLEXION INNER- HALB DER GRUPPEN	83
TABELLE 15: VERÄNDERUNGEN DER THORACOLUMBALEN FLEXION VERGlichen ZWISCHEN DEN GRUPPEN	85
TABELLE 16: VORHER-NACHHER-VERGLEICH DER MECHANOSENSIVITÄT IN DER FOAM ROLL GRUPPE	88
TABELLE 17: VORHER-NACHHER-VERGLEICH DER MECHANOSENSIVITÄT IN DER PLACE- BOGRUPPE	88
TABELLE 18: VORHER-NACHHER-VERGLEICH DER MECHANOSENSIVITÄT IN DER KON- TROLLGRUPPE	89
TABELLE 19: DIE VERÄNDERUNGEN DER MECHANOSENSIVITÄT VERGlichen ZWISCHEN FOAM ROLL GRUPPE UND PLACEBOGRUPPE	90
TABELLE 20: DIE VERÄNDERUNGEN DER MECHANOSENSIVITÄT VERGlichen ZWISCHEN FOAM ROLL GRUPPE UND KONTROLLGRUPPE	91

TABELLE 21: DIE VERÄNDERUNGEN DER MECHANOSENSIVITÄT VERGlichen ZWISCHEN PLACEBO- UND KONTROLLGRUPPE	91
TABELLE 22: NULL- UND FORSCHUNGSHYPOTHESE DER FALLSTUDIE	109
TABELLE 23: DESKRIPTIVE DATEN VON DEN PROBANDEN DER FALLSTUDIE	115
TABELLE 24: ERGEBNISSE DER FASZIENBEWEGLICHKEIT IN DER FALLSTUDIE	116
TABELLE 25: ERGEBNISSE DER LUMBALen FLEXION IN DER FALLSTUDIE	118
TABELLE 26: ERGEBNISSE DER THORACOLUMBALen FLEXION IN DER FALLSTUDIE	120
TABELLE 27: ERGEBNISSE DER MECHANOSENSIVITÄT VON PROBAND 1	122
TABELLE 28: ERGEBNISSE DER MECHANOSENSIVITÄT VON PROBAND 2	123
TABELLE 29: ERGEBNISSE DER VAS-WERTE VON PROBAND 1	124
TABELLE 30: ERGEBNISSE DER VAS-WERTE PROBAND 2	126

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: TENSEGRITY-MODELL	4
ABBILDUNG 2: ANORDNUNG DER KOLLAGENFASERN EINER FASZIE.....	7
ABBILDUNG 3: FEHLHALTUNG AUF GRUND DREIDIMENSIONALER FASZIALER RESTRIKTIONEN	10
ABBILDUNG 4: ZELLMATRIX EINER GESUNDEN UND EINER VERKLEBTEN FASZIE.....	13
ABBILDUNG 5: INDIREKTE MFR TECHNIK AM M. PSOAS MAJOR	17
ABBILDUNG 6: DIREKTE MFR TECHNIK MIT DEM ELLENBOGEN AM M. SOLEUS	17
ABBILDUNG 7: FOAM ROLL VARIANTEN.....	20
ABBILDUNG 8: SCHALLWELLEN AUSBREITUNG IM GEWEBE	28
ABBILDUNG 9: ANORDNUNG VON UNTERHAUTGEWEBE UND FASZIENSCHICHTEN DER FTL30	
ABBILDUNG 10: UNTERSCHIEDLICHE FASZIENBESCHAFFENHEITEN DER FTL IM ULTRA- SCHALL	31
ABBILDUNG 11: DARSTELLUNG DER FASZIENSCHICHTEN DER FTL IM ULTRASCHALL	31
ABBILDUNG 12: BLACKROLL ® STANDARD	35
ABBILDUNG 13: ULTRASCHALLGERÄT MYLAB™ ONE MUSKULOSKELETAL.....	36
ABBILDUNG 14: DIGITALES GONIOMETER	39
ABBILDUNG 15: ALGOMETER BASELINE ® DOLORIMETER 12-1442.....	41
ABBILDUNG 16: FLUSSDIAGRAMM ZUR STUDIENDURCHFÜHRUNG	45
ABBILDUNG 17: ROLLOUT GLUTEALMUSKULATUR, OBERFLÄCHLICH.....	50
ABBILDUNG 18: ROLLOUT GLUTEALMUSKULATUR, INTENSIV	51
ABBILDUNG 19: ROLLOUT SEITLICHER RUMPF	51
ABBILDUNG 20: ROLLOUT UNTERER UND OBERER RÜCKEN.....	52
ABBILDUNG 21: MARKIERUNG DES BEWEGUNGSRADIUS DES PROBANDEN BEI DER ULTRA- SCHALLUNTERSUCHUNG	55
ABBILDUNG 22: ANSICHT DES PROBANDEN BEI DER ULTRASCHALLUNTERSUCHUNG	56
ABBILDUNG 23: POSITIONIERUNG DER ULTRASCHALLSONDE AUF DEM RÜCKEN DES PRO- BANDEN	57
ABBILDUNG 24: DARSTELLUNG DER ROIS ZUR FASZIENANALYSE	59
ABBILDUNG 25: ERGEBNISBEISPIEL FÜR DIE FASZIENBEWEGLICHKEIT	60
ABBILDUNG 26: BEISPIEL FÜR EIN ENDERGEBNIS DER FASZIENBEWEGLICHKEIT.....	61
ABBILDUNG 27: MESSUNG DER THORACOLUMBALE FLEXION DES PROBANDEN	63

ABBILDUNG 28: FLUSSDIAGRAMM ZUR STATISTISCHEN DATENANALYSE DER RANDOMISIER- TEN, KONTROLLIERTEN, STUDIE.....	68
ABBILDUNG 29: BOXPLOT-DIAGRAMM - VORHER-NACHHER-VERGLEICH DER FASZIENBE- WEGLICHKEIT.....	74
ABBILDUNG 30: BOXPLOT-DIAGRAMM - VERÄNDERUNGEN DER FASZIENBEWEGLICHKEIT VERGLICHEN ZWISCHEN DEN GRUPPEN	76
ABBILDUNG 31: BALKENDIAGRAMM - VORHER-NACHHER-VERGLEICH DER WERTE DES MMSTs INNERHALB DER GRUPPEN.....	79
ABBILDUNG 32: BOXPLOT-DIAGRAMM - VERÄNDERUNGEN DER WERTE DES MMSTs VER- GLICHEN ZWISCHEN DEN GRUPPEN	81
ABBILDUNG 33: BALKENDIAGRAMM - VORHER-NACHHER-VERGLEICH DER THORACOLUM- BALEN FLEXION INNERHALB DER GRUPPEN	84
ABBILDUNG 34: BOXPLOT-DIAGRAMM - VERÄNDERUNGEN THORACOLUMBALEN FLEXION VERGLICHEN ZWISCHEN DEN GRUPPEN	86
ABBILDUNG 35: VISUELLE ANALOGSKALA	111
ABBILDUNG 36: FLUSSDIAGRAMM DER FALLSTUDIE ZUR STUDIENDURCHFÜHRUNG	112
ABBILDUNG 37: LINIENDIAGRAMM - ERGEBNISSE DER FASZIENBEWEGLICHKEIT IN DER FALLSTUDIE.....	117
ABBILDUNG 38: LINIENDIAGRAMM - ERGEBNISSE DER LUMBALEN FLEXION IN DER FALL- STUDIE.....	119
ABBILDUNG 39: LINIENDIAGRAMM - ERGEBNISSE DER THORACOLUMBALEN FLEXION IN DER FALLSTUDIE.....	121
ABBILDUNG 40: BALKENDIAGRAMM - ERGEBNISSE DER VAS-WERTE VON PROBAND 1 ..	125
ABBILDUNG 41: BALKENDIAGRAMM - ERGEBNISSE DER VAS-WERTE VON PROBAND 2 ..	127

Abkürzungsverzeichnis

OH	Nullhypothese
Abb.	Abbildung
al	alli
ASTE	Ausgangsstellung
B-Mode	Brightness-Mode
BMI	Body-Mass-Index
BWS	Brustwirbelsäule
Bzw.	Beziehungsweise
C	Cervikal
cm	Zentimeter
d	Effektstärke nach Cohen
ESTE	Endstellung
FTL	Fascia Thoracolumbalis
H	Forschungshypothese
HWS	Halswirbelsäule
ICC	Intra-Class Korrelationskoeffizient
ISG	Iliosacralgelenk
Kg	Kilogramm
K-S-Test	Kolmogorov-Smirnov-Test
L	Lumbal
LBP	Low Back Pain
LWS	Lendenwirbelsäule
M	Mittelwert
M.	Musculus
MDC	Minimal Detectable Change
Mhz	Megahertz
Mm.	Musculi
mm	Millimeter
MMST	modifizierter, modifizierter Schober-Test
MFR	Myofascial Release
mTrP	Myofaszialer Triggerpunkt

MSS	Myofaszielles Schmerzsyndrom
OMT	Osteopathic Manipulative Therapy
PRS	Paraspinal Sheath
r	Korrelationskoeffizient
ROI	Range of Interest
S	Sacral
SD	Standardabweichung
SMFR	Self-Myofascial Release
SIPS	Spina iliaca posterior superior
SMT	Spinal Manipulative Therapy
Th	Thoracal
TLC	Thoracolumbaler Composite
TrP	Triggerpunkt
U-Test	Mann-Whitney-U-Test
VAS	visuelle Analogskala
Wilcoxon-Test	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

Zusammenfassung

Einleitung: Aktuelle Erkenntnisse der Faszienforschung zeigen, dass Faszien weitaus mehr Einfluss auf den menschlichen Bewegungsapparat haben, als bisher angenommen. Besonders die Fascia Thoracolumbalis (FTL) stellt eine große Faszie dar, deren pathologische Veränderungen zu Beschwerden im Bereich des unteren Rückens führen können. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse wurde die Behandlungsmethode mit der Foam Roll entwickelt, um Muskeln und Faszien gezielt zu behandeln und Beschwerden vorzubeugen. Beobachtungen zeigen, dass das Foam Rolling die Dehnfähigkeit der Muskulatur verbessert. Jedoch wurde bisher nicht untersucht, wie sich Übungen mit der Foam Roll auf die Beweglichkeit der Faszien auswirken. Ziel dieser Studie ist es daher, aufzuzeigen, ob das Foam Rolling Einfluss auf die Beweglichkeit der FTL hat. Zu diesem Zweck wurden sowohl die kurzfristigen, als auch die langfristigen Auswirkungen untersucht.

Methode: Es nahmen 38 Probanden an der Studie teil. Diese wurden in eine Foam Roll Gruppe, eine Placebo- und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Das Bewegungsausmaß einer Rumpfflexion von 30° wurde mit Videos eines Ultraschallgerätes, als Grundlage der Untersuchungen über die Beweglichkeit der FTL, aufgezeichnet. Anschließend erfolgte die Analyse mit der Cross Correlation Software nach Dr. Andrew Dilley. Hierdurch konnte das Bewegungsausmaß der Faszie ermittelt werden. Neben der Faszienbeweglichkeit wurden Messungen bezüglich der lumbalen, sowie thoracolumbalen Flexion und der Mechano-sensitivität einzelner Muskeln durchgeführt. Zur Ermittlung der Werte gab es eine Messung vorab und zehn Minuten nach der Intervention. Die Messwerte wurden sowohl in einen Vorher-Nachher-Vergleich gestellt, sowie in einem Vergleich zwischen den drei Gruppen. Zusätzlich nahmen zwei Probanden an einer Fallstudie teil, deren Ziel es war die langfristigen Wirkungen auf die Beweglichkeit der Faszie zu analysieren.

Ergebnisse: Nach der Behandlung mit der Foam Roll verbesserte sich die Beweglichkeit der FTL durchschnittlich um 1,7915 mm ($p < 0,001$). Dagegen konnte in der Placebogruppe ($p = 0,397$) und in der Kontrollgruppe ($p = 0,861$) keine signifikante Verbesserung der Beweglichkeit verzeichnet werden. Messungen mit weiteren Messinstrumenten zeigten keine Verbesserungen. Bei den zwei Probanden der Fallstudie konnte, über einen Zeitraum von vier Wochen, eine Verbesserung der Beweglichkeit der FTL festgestellt werden.

Schlussfolgerung: Durch die Anwendung der Foam Roll konnte die Beweglichkeit der Fascia Thoracolumbalis signifikant verbessert werden.

Schlüsselwörter: Fascia Thoracolumbalis, Ultraschall, Foam Roll, Faszienbeweglichkeit

Abstract

Introduction: Recent findings of fascia research indicate that fasciae have more influence on the human musculoskeletal system, than initially thought. Especially pathological changes of the thoracolumbar fascia (FTL), a major fascia, could lead to pain in the lower back (LBP). Based on these findings, special treatment with foam rolls was developed to specially target muscles and fasciae and to prevent painful discomfort. Some studies already indicate that foam rolling can increase the extensibility of muscles.

However so far the extent to which foam rolling may affect the mobility of fasciae is not well investigated. Therefore, the aim of this study is to identify whether foam rolling can take a short-term impact on the mobility of the FTL. For this purpose, both short-term view and long-term study were conducted.

Method: In total 38 subjects participated in the study for short-term observation. These 38 subjects were assigned to a foam roller group, a placebo group and a control group. To investigate the mobility of the FTL, ultrasound clips were recorded showing a trunk flexion of the subjects of 30 degrees. After that the videos were analyzed with Cross Correlation Software of Dr. Andrew Dilley to calculate the overall movement of the fascia. Also active lumbar flexion, active thoracolumbar flexion and pressure sensitivity of the treated muscles were examined. The measurements were completed before and ten minutes after the intervention. Then the values were compared. In addition, two subjects took part in a case study. The aim of this case study was to analyze the long-term effects of exercises which aim to enhance mobility of fasciae.

Results: After treatment with the foam roller mobility of the FTL improved by an average of 1,7915 mm ($p < 0,001$). In contrast, the placebo group ($p = 0,397$) and the control group ($p = 0,861$) showed no significant improvement. The values of the other assessments showed also no significant differences. Over a period of four weeks the two subjects in the case study showed further increase of fascia mobility.

Conclusion: By applying the foam roll, mobility of the thoracolumbar fascia could be improved significantly.

Keywords: thoracolumbar fascia, ultrasound, foam roll, fascia mobility

1. Einleitung

In der Erforschung des Bewegungsapparates und den damit verbundenen Therapieansätzen hat es in den letzten Jahren einen Umschwung gegeben. Während früher die Ursache für Pathologien und Krankheitsbilder im Bereich der Physiotherapie fast ausschließlich in muskulären Verhärtungen, Fehlstellungen von Gelenken oder Dysfunktion von Sehnen und Bändern gesehen wurde, wird heute auch die Struktur, die lange unbeachtet blieb, berücksichtigt. Dabei handelt es sich um die Faszien des menschlichen Körpers (Manheim 2011:11).

Diese Struktur, die dem Laien unter dem umgangssprachlichen Begriff „Bindegewebe“ bekannt ist, wurde in der Medizin lange Zeit weitestgehend außer Acht gelassen, da sie, wie Schleip und Grau (2009) es beschreiben, früher nur als weißes Verpackungsmaterial gesehen wurde. Beispielsweise wurden die Faszien in den Präparationskursen für Medizin-Studenten direkt weggeschnitten, da sie den Blick auf die Muskulatur beschränkten (Manheim 2011:11). Demnach schienen Faszien zunächst nur als passive Strukturen im menschlichen Körper angesehen zu werden, welche Muskeln umhüllen und diese so in ihrer Position halten (Schleip 2003). Durch die Forschungsergebnisse der letzten Jahre hat sich diese Sichtweise jedoch gewandelt.

Faszien bilden ein dreidimensionales Bindegewebsnetz, welches alle Muskeln, Knochen, Nerven, Gefäße und Organe umgibt, verbindet und schützt (Tozzi et al. 2011). Sie bilden eine ununterbrochene Gewebseinheit von Kopf bis Fuß und sind so auf allen Ebenen des Körpers vorhanden (Barnes 1997). Darüber hinaus haben verschiedene aktuelle Studien gezeigt, dass die Funktion der Faszien weit über die Stütz- und Verbindungsfunktion hinausreichen. In einer aktuellen Studie von Schleip et al. (2008) wurden beispielsweise verschiedene Fasziengewebe mit Hilfe immunhistologischer¹ Untersuchungen analysiert. Diese Untersuchungen bestätigten die Vermutung, dass auch im Fasziengewebe zahlreiche Myofibroblasten vorliegen, die eine ähnliche Kontraktionsfähigkeit, wie glatte Muskulatur, besitzen und somit dynamisch auf die Bewegungsvorgänge des menschlichen Körpers einwirken können.

Faszien können aber auch die Ursache von Beschwerden darstellen. Überlastungen, Traumen oder Fehlbelastungen führen zu Adhäsionen und Verkürzungen im Bindegewebe. Dies kann wiederum Kompressionen von sensiblen Strukturen, wie Nerven oder Ge-

¹ Immunhistologie: „Darstellung antigener Strukturen auf oder in Zellen mittels daran bindender Antikörper-Farbkomplexe in histologischen Präparaten“ (de Gruyter 2004)

fäßen, nach sich ziehen und somit Schmerzen hervorrufen. Darüber hinaus verändert sich die Biomechanik der Muskulatur, was Funktionseinschränkungen nach sich zieht (Barnes 1997). Dysfunktionen dieser Art zeigen sich auch in der Manifestation von myofasziellen Triggerpunkten (mTrPs) und werden in der Literatur oftmals unter dem Begriff „myofaszielles Schmerzsyndrom“ (MSS) zusammengefasst (Gröbli und Dejung 2003, Gautschi und Böhni 2014).

Auf Grund dieser Problematik werden im Gesundheitswesen, speziell in der Physiotherapie, kontinuierlich neue Therapieformen entwickelt, um Beeinträchtigungen der Faszien und Muskeln zu reduzieren. Häufig taucht hierbei der Begriff „Myofascial Release“ auf. Die Therapie des Myofascial Release beinhaltet spezielle Hands-on Techniken, die Therapeuten nutzen, um Dysfunktionen der Faszien und der Muskulatur zu behandeln (Barnes 1997). Eine weitere neuartige Behandlungstechnik, die dem Prinzip des Myofascial Release ähnelt, stellt die Nutzung der sogenannten Foam Roll dar.

Hinter dem Oberbegriff „Foam Roll“ verbergen sich stabile Rollen, die aus einer härteren Art von Kunststoff hergestellt werden und deshalb kaum nachgeben. Länge, Durchmesser und Härte der Rollen können je nach Hersteller und Modell variieren (Thömmes 2014:170). Sie werden genutzt, um durch eine Art der Selbstmassage Verklebungen zwischen den Faszien zu lösen, damit die Elastizität der Faszien verbessert wird. Dabei wird, mit Hilfe der Rolle, mit dem eigenen Körpergewicht über den jeweiligen Muskulaturbereich gerollt und so Druck auf das Gewebe erzeugt (Thömmes 2014:30).

Auch verschiedene, bereits durchgeführte Studien, haben die Anwendung der Foam Roll und die vielfältigen Auswirkungen auf den menschlichen Körper überprüft. Dazu gehören zum Beispiel Arbeiten, die die Beweglichkeit verschiedener Gelenkregionen (MacDonald et al. 2014, Roylance et al. 2013), Muskelkraftparameter (Healey et al. 2014) oder Muskelverspannungen (Healey et al. 2014, MacDonald et al. 2014), mit Blick auf das Foam Rolling beobachtet haben.

Die Foam Roll in Verbindung mit dem aktuellen Thema der Faszienbehandlung hat durch ihre neuartigen, vielfältigen Verwendungsgebiete im sportlichen Bereich das Interesse der Verfasser geweckt. Auf Grund der Tatsache, dass diese neue Behandlungsmethode erst seit kurzer Zeit verwendet wird und die genauen Wirkungsmechanismen noch nicht vollständig erforscht sind, besteht die Intention dieser Arbeit darin, weitere Erkenntnisse über die Wirkung des Foam Rolling auf das Faszien Gewebe zu liefern. (AG)

2. Theoretischer Hintergrund

In Kapitel 2 werden zunächst die wichtigen Hintergrundthemen dieser Studie näher betrachtet. Dabei handelt es sich um Themen, die für die spätere Zielsetzung von besonderer Bedeutung sind. Anhand der recherchierten Informationen werden die Zielstellung und die dazugehörigen Hypothesen am Ende dieses Kapitels detailliert beschrieben und begründet. (JO)

2.1 Faszien

Im folgenden Kapitel werden zunächst weitere Informationen zum Aufbau und den Funktionen von Faszien (siehe Kapitel 2.1.2) gegeben. Im Anschluss wird auf die verschiedenen Behandlungsmethoden (siehe Kapitel 2.1.3) eingegangen. (JO)

2.1.1 Definition

Der Begriff „Faszien“, im Lateinischen „*fascia*“, bedeutet so viel wie „Band“ oder „Bündel“ (Schulze 2001:134) und ist in der breiten Bevölkerung kein geläufiger Begriff. Was die Experten der gesundheitlichen Fachdisziplinen unter Faszien verstehen, ist dem Laien viel mehr unter dem Begriff „Bindegewebe“ bekannt. Dies liegt unter anderem daran, dass die Faszien, wie eingangs schon erwähnt, erst in den letzten Jahren in den Fokus der Gesundheitsforschung gerückt sind (Thömmes 2014:12). Ein Grund dafür ist, dass in der Vergangenheit keine geeigneten Messinstrumente zur Verfügung standen, um Veränderungen im Faszien gewebe zu untersuchen (Schleip et al. 2012b).

Mittlerweile ist dies jedoch mit speziellen Softwareprogrammen und Ultraschallgeräten möglich. In einer aktuellen Studie von Langevin et al. (2009) wurde beispielsweise, mit Hilfe eines hochauflösenden Ultraschallgerätes, die Beschaffenheit der Fascia Thoracolumbalis (FTL) von Patienten mit Rückenbeschwerden, im Vergleich zu gesunden Probanden untersucht.

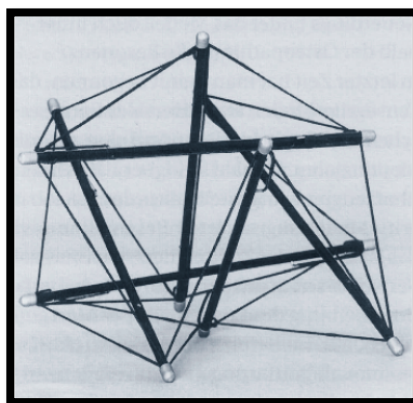
Doch welche Strukturen der Begriff „Faszien“ genau beinhaltet ist bis heute nicht einheitlich festgelegt, da die Definitionen für Faszien je nach Autor unterschiedlich sind und daher entweder sehr weit oder sehr eng gefasst werden (Schleip et al. 2012b). In der Mehrzahl der aktuellen Literatur wird das fasziale System als kontinuierliche, dreidimensionale Gewebeeinheit beschrieben, die von Kopf bis Fuß reicht und somit auf allen Ebenen des Körpers zu finden ist. Faszien umgeben und durchdringen demnach alle Struktu-

ren des menschlichen Körpers, wie Muskeln, Knochen, Gefäße, Nerven und Organe (Barnes 1997). Demnach sind sie in verschiedenen Formen und Varianten vorzufinden. Dazu gehören neben dem losen Bindegewebe des Unterhautgewebes ebenso Gelenkkapseln, Bänder, Sehnen, Aponeurosen, Membranen, Septen und Muskelhüllen, die das dichte Bindegewebe darstellen (Schleip et al. 2012b).

Eine ähnliche Beschreibung wurde auch 2007 auf dem First International Fascia Congress in Boston in die Definition der Faszien übernommen. Sinngemäß übersetzt, stellen Faszien nach dieser Definition das Weichteilgewebe des Bindegewebes dar, welches den gesamten menschlichen Körper durchdringt und ein durchgehendes dreidimensionales Netz für die Stabilität der Körperstrukturen bildet (Findley et al. 2012).

Der Grundaufbau des faszialen Systems wird in der Literatur auch oft mit dem Tensegrity-Konzept erläutert (siehe Abb. 1). Dieses architektonische Prinzip beschreibt ein Netzwerk aus einzelnen festen Bestandteilen, die nur über Spannungsverhältnisse stabil und auseinander gehalten werden, sodass das Gebilde der festen Bestandteile durch einen Mechanismus der Selbststabilisation gegen die Schwerkraft aufrecht erhalten wird (Schleip 2004, Chen und Ingber 1999). Im Falle des menschlichen Körpers stellen die Knochen die festen Elemente des Systems dar, die über die Spannungsverhältnisse der Faszien beeinflusst und auseinander gehalten werden. Dies bietet zusätzlich eine Erklärung dafür, dass Veränderungen der Faszien, zum Beispiel durch Verletzungen oder manuelle Techniken zur Behandlung, immer Einfluss auf den gesamten Körper nehmen (Schleip et al. 2012b). Schleip und Grau (2009:20) beschreiben dies treffenderweise wie folgt: „Wegen der körperweiten myofaszialen Ketten wirkt sich eine Veränderung eines Einzelelements immer auf die Positionierung aller anderen Elemente aus“. (JO)

Abbildung 1: Tensegrity-Modell



(Quelle: Schleip 2004)

2.1.2 Anatomie und Funktion

Faszien bestehen zum Einen aus zellulären Elementen und zum Anderen aus Interzellulärschubstanz. Zu den wichtigsten zellulären Bausteinen zählen unter anderem fixe Bindegewebszellen, wie Fibrozyten und Fibroblasten, sowie freie Zellen, wie Mastzellen² und Lymphozyten³. Die Interzellulärschubstanz dagegen besteht hauptsächlich aus einer Grundsubstanz, die aus einer Wasser bindenden kolloidalen Lösung und Proteinen besteht, sowie aus verschiedenen Fasern, wie Kollagenfasern, elastischen Fasern und Retikulinfasern (Paoletti 2011:87ff.). Fibrozyten bilden die wichtigsten Zellen des Bindegewebes, da sie die Zusammensetzung der Grundsubstanz und die Kollagensynthese steuern (Simmonds et al. 2012). Während die elastischen Fasern wichtig für die Dehnfähigkeit der Faszie sind, sorgt das Kollagen für die nötige Stabilität und Belastbarkeit. Deutlich wird dies durch die Betrachtung der Dehnungskapazitäten der Fasern. Diese beträgt bei Kollagenfasern zehn Prozent ihrer Länge, elastische Fasern dagegen besitzen eine Kapazität von bis zu 150 Prozent (Schleip 2004). Dadurch ist die Faszie sehr flexibel und dehnfähig, sodass Bewegungen ermöglicht werden. Zudem besitzt sie eine sehr hohe Reißfestigkeit, damit sie auch hohen Belastungen entgegenwirken kann. Die Verbindung dieser Fähigkeiten wird auch als Viskoelastizität⁴ beschrieben und wurde bereits in einigen Studien mit Fasziengeweben getestet (Wang et al. 2009, Yahia et al. 1993).

Einen anderen Faktor für die Funktionalität der Faszien stellen die Grundsubstanz und der damit verbundene Wassergehalt dar. Immobilisationen oder Fehlbelastungen des Bewegungsapparates können zu Veränderungen der Grundsubstanz führen. Dadurch wird die Fähigkeit Wasser in der Faszie zu binden beeinflusst, was zu einer Reduktion des Wassergehaltes im Bindegewebe führt. Dies hat im Endeffekt eine Verklebung der Faszie und eine Bildung von pathologischen Crosslinks⁵ zur Folge, wodurch die Elastizität und Belastbarkeit des Gewebes herabgesetzt werden (Paoletti 2011:114, Schleip et al. 2012a). Schleip et al. (2012a) haben herausgefunden, dass sich der Wassergehalt des Bindegewebes direkt nach Dehnungen verringert, jedoch nach einer Erholungsphase, über den Ausgangsstatus hinaus, ansteigt. Eine weitere Feststellung besagt, dass die Faszie nach dieser Erholungsphase gleitfähiger und belastbarer wird. Dieses Prinzip ist vergleichbar mit der Struktur eines Schwammes. Wird ein Schwamm kraftvoll ausgepresst, so saugt er

² „polymorphkernige basophile Zellen, die den Leukozyten zugeordnet werden können“ (de Gruyter 2004)

³ „pluripotente Stammzellen im Rückenmark abstammende, Form der Leukozyten (kleine, weiße Blutkörperchen)“ (de Gruyter 2004)

⁴ Viskosität: „Zähigkeit; temperaturabhängige Materialkonstante; Maß für die innere Reibung einer homogenen Flüssigkeit“ (de Gruyter 2004)

⁵ „unnatürliche Verbindungen zwischen verschiedenen Geweben“ (Hüter-Becker 2006)

sich, sobald er zurück in das Wasserbecken gelegt wird, sofort wieder voll (Slomka 2014:95).

Die Zusammensetzung der Faszien kann je nach Funktion und Körperabschnitt variieren, sodass sich Faszien in drei Hauptkategorien einordnen lassen. Dabei handelt es sich um die oberflächlichen Faszien, die tiefen Faszien, sowie Epimysium, Perimysium und Endomysium (Findley et al. 2012).

1. oberflächliche Faszien:

Die oberflächlichen Faszien beinhalten das subkutane, lose Bindegewebe, welches sowohl aus einem Netz aus Kollagenfasern, als auch einigen elastischen Fasern besteht. Ausnahmen bilden nur die Handinnenflächen, die Fußsohlen und das Gesicht, deren Bindegewebsnetz zusätzliches Fettgewebe beinhaltet. Diese Faszien sind über einstrahlende Fasern mit der Haut verbunden (Findley et al. 2012).

2. tiefe Faszien:

Tiefe Faszien bestehen aus einer bindegewebsartigen Membran, die die Septen für alle Muskeln bilden und somit diese in funktionelle, myofasziale Gruppen unterteilen. Sie beinhalten kein Fettgewebe, formen jedoch zusätzlich die Ummantelungen von Nerven und Gefäßen und umhüllen alle Organe des Körpers (Findley et al. 2012).

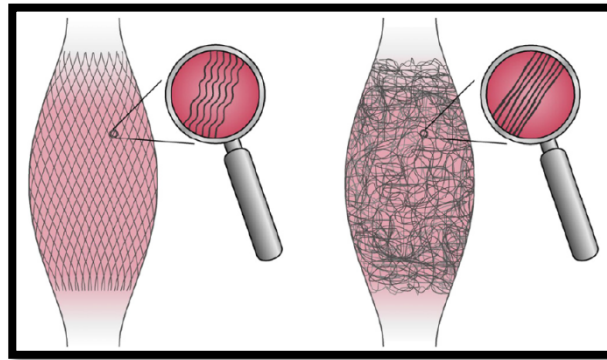
3. Epimysium, Perimysium und Endomysium:

Das Epimysium kann als eine Erweiterung der tiefen Faszien angesehen werden, welches jeden Muskel umhüllt. Es stellt mit dem Perimysium und dem Endomysium eine durchgängige Struktur dar. Während das Perimysium einzelne Muskelbündel innerhalb des Muskels umhüllt, umgibt das Endomysium jede Muskelfaser der Muskeln (Langevin und Huijing 2009, Manheim 2011:23f.).

Verschiedene Autoren beschreiben die Anordnung der Bindegewebsfasern als eine Art Scherengitterstruktur. Diese garantiert eine maximale Reißfestigkeit und Dehnbarkeit des Bindegewebes. Man vermutet, dass sich bei jungen, aktiven Menschen relativ häufig eine optimale Anordnung der Gewebefasern in einer Gitterform, bei gleichzeitiger, leichter Wellenform, vorfinden lässt. Diese sorgt dafür, dass die Faszien eine gewisse Dehnreserve besitzen, bevor es tatsächlich zu einer strukturellen Belastung der Fasern kommt. Bei älteren, untrainierten Menschen dagegen können die Gitterstruktur und die Wellenform

abnehmen, was gleichzeitig auch ein Risiko für Verletzungen darstellt (Schleip und Müller 2013, Thömmes 2014:15, Manheim 2011:23f.).

Abbildung 2: Anordnung der Kollagenfasern einer Faszie



Links: Kollagenstruktur einer jungen, aktiven Person
Rechts: Kollagenstruktur einer älteren, untrainierten Person
(Quelle: Schleip und Müller 2013)

Je nach Funktion kann die Zusammensetzung der Faszien jedoch variieren, da sie sehr anpassungsfähig sind. Während der Kollagenanteil in den lockeren, subkutanen Bindegewebsanteilen relativ gering ist, ist die Dichte an Kollagenfasern in Sehnen und Bändern sehr hoch, da hier eine höhere Widerstandsfähigkeit essentiell ist (Schleip et al. 2012b). Umgekehrt ist die Anzahl der elastischen Fasern im subkutanen Bindegewebe wesentlich höher, als beispielsweise in den Sehnen.

Auch die Ausrichtung der Fasern variiert und folgt nicht immer der bereits beschriebenen Scherengitterstruktur. In den Sehnen findet sich beispielsweise eine parallele Anordnung der Bindegewebsfasern (Manheim 2011:23f.). Dies verdeutlicht, dass sich die Dichte und die Zusammensetzung der Faszien, sowie die Anordnung ihrer Bindegewebsfasern nach der Funktion und Belastung richten. An den Stellen, an denen eine maximale Widerstandsfähigkeit der Faszien wichtig ist, bestehen die Faszien aus einem höheren Anteil an Kollagenfasern, die dichter aneinander liegen und parallel ausgerichtet sind. An Stellen mit weniger hohen Belastungen haben die Gewebefasern der Faszien einen gekreuzten Verlauf und sind in einer geringeren Dichte angeordnet (Paoletti 2011:103).

Die wichtigste Funktion der Faszien besteht in der Stützung der genannten anatomischen Strukturen, wodurch sie in gewissem Maße an der Stabilität und Haltung des ganzen Körpers beteiligt sind. Außerdem gewährleisten sie die Funktionsfähigkeit des Muskelsystems und funktionieren darüber hinaus als passive Kraftüberträger bei Bewegungen. Ohne Faszien wären Gelenkbewegungen daher gar nicht möglich, da sie die Kräfte, die

durch die Muskelkontraktionen entstehen, auf die Knochen übertragen und Gelenkbewegungen koordinieren (Paoletti 2011:117).

Aus der aktuellen, weiterführenden Erforschung der Faszien resultieren weitere Funktionen, die früher nicht bekannt waren und die Bedeutung der Faszien heutzutage in den Therapieberufen stark hervorheben.

Demnach übertragen die Faszien nicht nur Kräfte, sie selbst fungieren auch als Speicher und Quelle von Kraftimpulsen für den Bewegungsapparat. Dieser Mechanismus wird in der Literatur oftmals als „Katapult-Mechanismus“ (Sawicki et al. 2009) oder „Elastic storage Capacity“ (Schleip und Müller 2013) beschrieben. Die Faszien nehmen durch eine Vorspannung in die Gegenrichtung Energie auf und geben diese bei der eigentlichen Bewegung wieder frei, sodass die Bewegung mit weniger Kraft durchgeführt werden kann. Die Studie von Sawicki et al. (2009) hat diesen Mechanismus bei Menschen im Bereich der Achillessehne erforscht und seinen Effekt auf die Kraftentwicklung im Bereich des Sprunggelenkes, beim Gehen, beschrieben.

Faszien sind jedoch keineswegs nur ein passives Gewebe. Schon Yahia et al. (1993) stellten die Vermutung auf, dass die Rückenfaszien eine aktive Kontraktionsfähigkeit besitzen. Schleip et al. (2008) haben diese Vermutung in einer histologischen Studie bewiesen, indem sie in verschiedenen Faszienproben eingebettete Myofibroblasten⁶ gefunden haben. Durch verschiedene Tests wurde erwiesen, dass Faszien eine ähnliche Kontraktionsfähigkeit besitzen, wie glatte Muskulatur. Dadurch ist heute anzunehmen, dass Faszien die muskuloskeletale Mechanik direkt beeinflussen können. Faszien stellen also ein aktives Gewebe dar und funktionieren nicht, wie zunächst angenommen, ausschließlich als passive Komponente im menschlichen Bewegungssystem.

Des Weiteren ist heute auch bekannt, dass die Faszien ein sehr wichtiges Sinnesorgan darstellen, welches die Propriozeption und Wahrnehmung des Körpers stark beeinflusst. Die Faszien sind mit zahlreichen Mechanorezeptoren bestückt, die auf Druck- und Zugbelastungen reagieren. Dazu gehören Golgi-Rezeptoren⁷, Pacini-Rezeptoren⁸, Ruffini-Rezeptoren⁹ und freie Nervenendigungen, die je nach Faszienewebe in unterschiedlicher Dichte vorliegen (Schleip 2004). In zwei histologischen Studien von Stecco et al. (2006, 2008) wird die Existenz der verschiedenen Rezeptoren in faszialem Gewebe der

⁶ „glattmuskulähnliche kontraktile Bindegewebszellen“ (Schleip et al. 2008)

⁷ Golgi-Sehnenorgan: „Muskelnah in Sehnen gelegener, dehnungsempfindlicher Sensor“ (de Gruyter 2004)

⁸ Vater-Pacini-Lamellenkörperchen: „große, lamellöse Endkörperchen von Nervenfasern in der Unterhaut für die Wahrnehmung von Vibrationen“ (de Gruyter 2004)

⁹ Ruffini-Körperchen: „Nervenendkörperchen im subkutanen Gewebe, die der Druckempfindung dienen“ (de Gruyter 2004)

oberen und unteren Extremitäten bestätigt. Die Faszien spielen daher auch bei der Schmerzwahrnehmung eine große Rolle.

Außerdem stellt das Faszien-System eine Schutzfunktion für den Körper dar. Sie schützen anatomische Strukturen vor inneren und äußeren Krafteinwirkungen, die ständig auf den menschlichen Körper einwirken. Darüber hinaus können Faszien durch ihre Viskoelastizität auch eine Pufferfunktion einnehmen (Paoletti 2011:118f.).

Zu guter Letzt spielen Faszien eine Rolle bei der Immunabwehr. Faszien beinhalten auf zellulärer Ebene auch Makrophagen¹⁰, Histiozyten¹¹ und Lymphozyten, die der lokalen Abwehrfunktion von Krankheitserregern dienen (Paoletti 2011:122).

Diese Vielzahl an Funktionen des Bindegewebes, die zum größten Teil erst in den letzten Jahren festgestellt wurden, begründen, wie wichtig die Weiterentwicklung von Behandlungsmethoden, wie beispielsweise dem Myofascial Release (MFR), sind, um die physiologische Funktionsweise beeinträchtigter Faszien wiederherzustellen. Mittlerweile gibt es ein breites Spektrum an Behandlungsansätzen, insbesondere in der Physiotherapie und Osteopathie, welche Pathologien der Faszien feststellen, klassifizieren und korrigieren sollen. Diese sind mittlerweile auch in einigen Studien auf ihre Wirkungsweisen überprüft worden (siehe Kapitel 2.1.3). (JO)

2.1.3 Pathophysiologie und Behandlungsmöglichkeiten

Ischämien¹² und Hypoxien¹³ des Gewebes, hervorgerufen durch Traumen, Überdehnungen, Überlastungen, dauerhaft insuffiziente Haltung oder Bewegungsmangel, können dazu führen, dass die Faszie ihre Elastizität verliert und eine Veränderung der Grundsubstanz einsetzt (Barnes 1997). Dies führt zu Adhäsionen¹⁴, Verklebungen und Durchblutungsstörungen des Gewebes, die wiederum zu Störungen in der Sensomotorik und Koordination, zu Bewegungseinschränkungen, Entwicklung von Triggerpunkten, Muskelschmerzen und artikulären Dysfunktion führen (Gautschi und Böhni 2014). Außerdem können Traumen dazu beitragen, dass die kollagenen Fasern pathologische Crosslinks bilden, was die Belastungsfähigkeit und Elastizität des Gewebes zusätzlich senkt (Barnes 1997).

¹⁰ „amöboid bewegliche mononukleäre Zellen, die als Fresszellen wichtig für den Anfang der Immunantwort sind“ (de Gruyter 2004)

¹¹ „Makrophagen des lockeren Bindegewebes“ (de Gruyter 2004)

¹² „Unterbrechung der Durchblutung eines Organs“ (de Gruyter 2004)

¹³ „verminderte Sauerstoffversorgung im Gesamtorganismus oder bestimmten Körperregionen“ (de Gruyter 2004)

¹⁴ „Verwachsung oder fibrinöse Verklebung“ (de Gruyter 2004)

In diesem Zusammenhang wird auch oft von myofaszialen Schmerzen gesprochen. Diese werden als typische, ausgeprägte Schmerzen definiert, die ihren Ursprung sowohl in der Muskulatur, als auch in den Faszien haben können (Manheim 2011:24).

Durch die faszialen Restriktionen kann es zu veränderten Bewegungsmustern kommen, die eine veränderte Anordnung der ossären Strukturen des Bewegungsapparates zur Folge haben und somit zu einer Fehlhaltung führen können (siehe Abb. 3). Dies spiegelt sich in erhöhten Gelenkbelastungen und Kompressionen von Nerven und Gefäßen wieder, was wiederum zu Schmerzen führen kann (Barnes 1997).

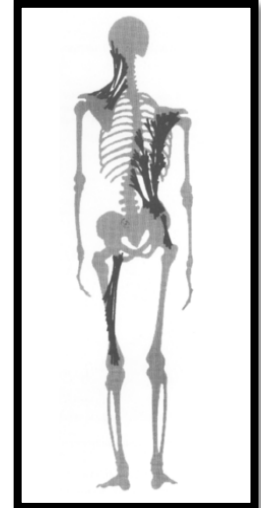
Mit der wachsenden Beachtung der Faszien in der Physiotherapie haben die damit verbundenen Behandlungsansätze an Beachtung gewonnen. Die Literatur zeigt eine Vielzahl an verschiedenen Behandlungsmethoden auf, die zumeist den Einfluss auf myofasziale Schmerzen, also Schmerzen die sowohl von pathologischen Veränderungen der Faszien, als auch der Muskulatur ausgelöst werden, beschreiben. Jedoch wird in diesen Arbeiten selten die Behandlung der Faszien isoliert betrachtet. Eine wesentliche Rolle spielen verschiedene Behandlungsmethoden, die im Großen und Ganzen der manuellen Therapie zugeordnet werden können. Der vielleicht bekannteste Begriff dieser Therapieansätze ist das sogenannte „Myofascial Release“.

Auf Grund des Zusammenhanges dieser Technik mit der Anwendung der Foam Roll und der damit verbundenen Bedeutung für diese Studie, wird das MFR detailliert im nächsten Punkt (siehe Kapitel 2.2) dieser Arbeit beschrieben.

Eine weitere, häufig angewandte Therapiemethode ist die manuelle Triggerpunkttherapie, die der Behandlung von mTrPs dient (Gautschi und Böhni 2014).

Laut Simons und Mense (2003:419) ist „ein myofaszialer Triggerpunkt (mTrP) eine überempfindliche Stelle in einem palpablen verspannten Bündel von Muskelfasern [...] eines Skelettmuskels. Er schränkt die Muskeldehnung und das Ausmaß von Bewegungen schmerzhaft ein“. Triggerpunkte entstehen meist durch Sauerstoffmangelsituationen der betroffenen Struktur, die wiederum durch akute oder chronische Überlastungen und Überdehnung der muskulären Strukturen, sowie durch eine manifestierte Fehlhaltung, besonders am Arbeitsplatz, ausgelöst werden. Bleiben diese schmerzhaften Punkte über

Abbildung 3: Fehlhaltung auf Grund dreidimensionaler faszialer Restriktionen



(Quelle: Barnes 1997)

einen längeren Zeitraum bestehen, dann zeigen sich auch hier Veränderungen im Bindegewebe, wie zum Beispiel Adhäsionen, die die kontrakten Muskelfasern überlagern und dafür sorgen, dass der Schmerz und der mTrP erhalten bleiben (Gröbli und Dejung 2003). Die manuelle Triggerpunkttherapie lässt sich in vier Techniken unterteilen, die das Ziel haben die Durchblutung zu fördern, Bindegewebsveränderungen zu lösen, den Hartspannstrang zu detonisieren und die Nozizeptorenaktivität¹⁵ zu senken, damit der myofasziale Schmerz reduziert wird. Es handelt sich um folgende Techniken:

- Manuelle Kompression des TrP
- Manuelle Dehnung der Triggerpunktregion
- Fasziendehnung (Dehnung der oberflächlichen und intramuskulären Faszien)
- Faszientrennung (Lösen intermuskulärer Faszienverklebungen)

(Gröbli und Dejung 2003)

Die Effektivität dieses Behandlungsansatzes wurde bereits durch mehrere Studien belegt. So zeigten beispielsweise Behandlungen von TrPs im Bereich des M. triceps surae (Grieve et al. 2013) oder des M. soleus (Grieve et al. 2011) eine Reduktion der mTrPs, eine Verringerung des myofaszialen Schmerzes und eine Verbesserung der Gelenkbeweglichkeit.

Fryer und Hodgson (2005) haben ebenfalls gezeigt, dass die manuelle Triggerpunkttherapie im Bereich des M. trapezius eine sinnvolle Therapiemethode darstellen kann.

Auch die Vertreter des „Rolfing“ wenden eine manuelle Behandlungsmethode an, die die Faszien beeinflussen soll. Diese Behandlungsmethode arbeitet mit dem Fasziennetz und kombiniert Elemente aus der manuellen Bindegewebsmanipulation, wie sie auch das MFR beschreibt, mit Haltungsübungen. Das Prinzip des Rolfings, von ihrer Erfinderin Dr. Ida. P. Rolf früher auch unter dem Namen „Strukturelle Integration“ verbreitet, geht von der Annahme aus, dass für eine aufrechte Haltung umso weniger Energie von Nöten ist, desto besser die einzelnen Körperabschnitte des menschlichen Körpers lotrecht übereinander stehen (Jacobsen 2011, Rolf 1963).

Rolfing versucht das Bindegewebe von Störungen zu befreien, sodass eine physiologische Bewegung des Körpers und eine elastische, schmerzfreie Bewegung des gesamten Fasziennetzes möglich wird. Dazu sind zehn Therapieeinheiten nötig, in denen zum größten Teil mit Hilfe der Finger, Ellenbogen, Handrücken oder Knöchel des Therapeuten ein

¹⁵ Nozizeptoren: „Schmerzsensoren“ (de Gruyter 2004)

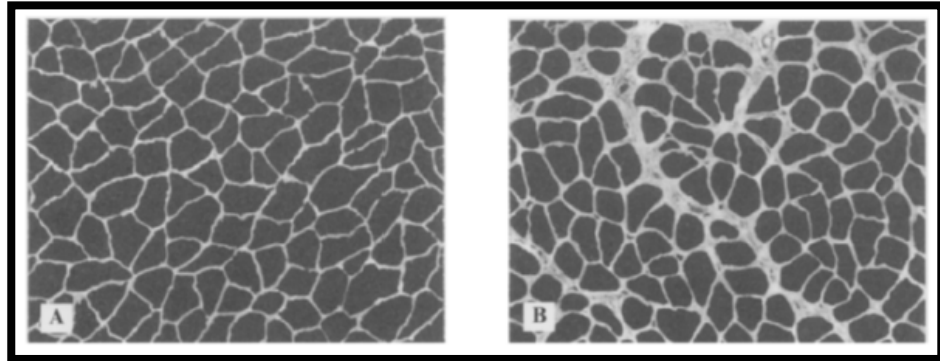
langsamer Druck auf verhärtete Faszienstrukturen aufgebaut wird, bis das Gewebe langsam nachgibt (Jacobsen 2011).

Die Wirkung des Rolfings wurde beispielsweise von James et al. (2009) an Probanden mit Dysfunktionen der Halswirbelsäule (HWS) beobachtet. In dieser Studie konnte eine signifikante Verbesserung der HWS-Beweglichkeit und eine signifikante Reduktion der Schmerzwerte festgestellt werden.

Des Weiteren werden oft Techniken aus dem Bereich der Osteopathie angewandt, um myofasziale Störungen zu behandeln. Dazu gehören unter anderem Gelenkmanipulationen der Wirbelsäule, bekannt unter den Abkürzungen OMT („Osteopathic Manipulative Therapy“) oder SMT („Spinal Manipulative Therapy“). Eine Manipulation stellt eine schnelle Bewegung über eine geringe Amplitude dar, die durch die Hände eines Osteopathen initiiert wird. Diese Manipulationen und andere Techniken aus dem Bereich der Osteopathie haben das Ziel die Blutversorgung von unterversorgten Strukturen wieder zu optimieren und die nervale Versorgung zu verbessern (Cherkin et al. 1998). Die Effektivität dieser Maßnahmen wurde mehrfach durch Studien an Patienten mit Rückenbeschwerden belegt (Andersson et al. 1999, Cherkin et al. 1998). Eine aktuelle Studie von Srbely et al. (2013) zeigt zudem, dass segmentale Manipulationen antinozizeptive Effekte auf das innervierte myofasziale Gewebe haben und somit direkt die Strukturen in diesem Bereich, sowie die Schmerzen, beeinflussen können.

Zu weiteren Techniken der Osteopathie, die Einfluss auf die Faszien nehmen, gehören beispielsweise Faszien-Release-Techniken oder die Postisometrische Relaxation (PIR). Bei der Postisometrischen Relaxation wird der Patient in eine Dehnung der betroffenen Muskulatur gebracht, aus der er anschließend eine Isometrische Kontraktion gegen den Druck des Therapeuten ausführen soll. In der darauf folgenden Entspannungsphase kommt es, durch die Inhibition des Golgi-Sehnen Organs im Muskel-Sehnen Übergang, zu einer Längenveränderung und einer Spannungsreduktion (Fryer und Ruszkowski 2004). In ihrer Studie stellten Fryer und Ruszkowski (2004), durch die Anwendung der Technik auf die Muskulatur des Schulter-Nacken Bereiches, eine Verbesserung der Beweglichkeit der HWS-Rotation in den oberen Kopfgelenken fest. Die Wirkung dieser Technik zeigt sich zusätzlich in der Studie von Oliveira-Campelo et al. (2013), in ihrer Anwendung auf den oberen Anteil des M. trapezius. Die Durchführung dieser Technik, bei Probanden mit myofasziellen Schmerzen in dem Gebiet des M. trapezius, ergab nach der Intervention eine signifikante Verbesserung der HWS-Beweglichkeit und eine Verringerung des Druckschmerzes.

Abbildung 4: Zellmatrix einer gesunden und einer verklebten Faszie



A: Zellmatrix einer gesunden Faszie
B: Zellmatrix einer beeinträchtigten Faszie
(Quelle: Barnes 1997)

In der Literatur werden weitere Dehnmethoden aus der Physiotherapie beschrieben, die einen Effekt auf die Faszien haben sollen. Die Wichtigkeit solcher Methoden wird daran deutlich, dass durch Dehntechniken eine Erhöhung der Kollagensynthese und eine damit verbundene Verhärtung und Verkürzung in immobilisierten Muskeln verringert werden kann (Williams et al. 1988). Stellte sich früher noch die Frage, ob statisches oder dynamisches Dehnen effektiver ist, so haben neue Erkenntnisse zum Aufbau des Faszien-systems auch die Ansichten zu den Stretchingmethoden geändert. Es wird in der aktuellen Literatur oft beschrieben, dass es bei dem sogenannten „Faszienstretching“ darauf ankommt oft die Dehnposition oder den Bewegungswinkel zu verändern, damit das multidirektionale Faszien-netz in allen Richtungen belastet wird (Thömmes 2014:40f.).

Auch die Anwendung der Massage bzw. der tiefen Bindegewebsmassage werden oftmals als Behandlungsmethoden von fasziellen Restriktionen und Muskelverspannungen genannt. Sowohl bei der Therapie im Bereich des lateralen Knie- und Oberschenkelbereiches (Winslow 2014), als auch im Bereich umgebender Muskulatur und Bindegewebe bei Schulterschmerzen (van den Dolder und Roberts 2003), zeigten sich günstige Verbesserungen von Schmerzwerten, Bewegungsausmaßen und der Funktionalität.

Zur Unterstützung werden ergänzende Therapiemöglichkeiten aus der Physiotherapie aufgeführt. Hierzu zählen das funktionelle Krafttraining, Kinesiotaping oder alternative Übungskonzepte, wie zum Beispiel Yoga oder Thai Chi (Gautschi und Böhni 2014).

Neben den bereits aufgeführten Maßnahmen, wird auch mit Methoden der physikalischen Therapie gearbeitet, um myofasziale Störungen zu behandeln. Dabei handelt es sich um Anwendungen, wie den therapeutischen Ultraschall und die Elektrotherapie (Gemmell und

Hilland 2011, Manca et al. 2014). Im entferntesten Sinne kann zu diesen Therapiemöglichkeiten ebenso die Low-Level-Laser Therapie gezählt werden (Manca et al. 2014). Diese Methoden wurden in den genannten Studien hinsichtlich ihrer Wirkung auf TrPs des M. trapezius überprüft und zeigen, warum diese Therapieansätze in der Literatur widersprüchlich diskutiert werden. Die Studien zeigten, dass sowohl die elektrische Stimulation der Triggerpunkte, als auch die Behandlung mit dem Laser und dem Ultraschall wenig bis gar keine Effekte hinsichtlich der Reduzierung von myofaszialen Schmerzen oder der Verbesserung der HWS-Beweglichkeit haben (Gemmell und Hilland 2011, Manca et al. 2014).

Auch invasive, bzw. minimalinvasive Techniken werden mittlerweile zur Therapie von myofaszialen Beschwerden, die durch TrPs hervorgerufen werden, genutzt.

Sowohl das trockene Nadeln von mTrPs mit Akupunkturnadeln, als auch die Injektion von verschiedenen Stoffen, wie Botulinum-Toxin oder Analgetika, stellen Therapiealternativen dar. Die Injektion von Botulinum-Toxin, welches die Freisetzung von Acetylcholin¹⁶ in die motorische Endplatte¹⁷ verhindern soll und so den Muskel daran hindert, wie gewohnt zu kontrahieren, wird auf Grund der hohen Kosten nur in seltenen Fällen eingesetzt (Simons und Mense 2003).

Durch die genannte Literatur wird ersichtlich, dass es bereits viele Behandlungsansätze gibt, um myofaszialen Störungen entgegenzuwirken. Jede einzelne Methode verfolgt einen anderen Ansatz und nutzt unterschiedliche Wirkungsmechanismen, um die Beschwerden zu lindern, denen fasziale oder myogene Störungen zu Grunde liegen. Außerdem wird deutlich, dass einige Methoden, wie zum Beispiel die manuelle Triggerpunkttherapie, in der aktuellen Literatur als allgemein wirksam anerkannt werden, während andere Ansätze und ihre Wirkungsweisen noch kontrovers diskutiert werden. (JO)

¹⁶ „Neurotransmitter, der für die Informationsvermittlung an Nervenendigungen freigesetzt wird“ (de Gruyter 2004)

¹⁷ „Synapse an der Skelettmuskelfaser“ (Trepel 2012)

2.2 Myofascial Release

Der Folgeabschnitt der Arbeit beschreibt die bereits angesprochene Behandlungsmethode des MFR. Diese bildet die Grundlage für das Foam Rolling. Zunächst wird eine Begriffsbestimmung (siehe Kapitel 2.2.1) geliefert, bevor der zu Grunde liegende Wirkungsmechanismus (siehe Kapitel 2.2.2) und dazugehörige klinische Evidenzen (siehe Kapitel 2.2.3) des MFR beschrieben werden. (JO)

2.2.1 Begriffsbestimmung

Nach Manheim (2011:22) beschreiben Begriffe wie „myofaszial“ oder „Myofaszie“ die funktionelle Verknüpfung von Muskel und Faszie.

Der Begriff des MFR umfasst dem zu Folge verschiedene Behandlungstechniken, die speziell auf myogene und fasziale Störungen wirken sollen und somit Beschwerden, die durch Tonuserhöhungen, Adhäsionen, Verklebungen oder Verkürzungen in diesen Bereichen entstehen können, lindern.

MFR kann als osteopathisches Verfahren zur Weichteilgewebedehnung verstanden werden. Hierbei handelt es sich um spezielle Hands-on Techniken, die von Therapeuten bei der Behandlung von Dysfunktionen der Faszien und der Muskulatur angewendet werden (Manheim 2011:17).

Die Erklärung des Begriffes „MFR“ wird von den verschiedenen Autoren unterschiedlich interpretiert. Barnes (1997) beschrieb den Ablauf der Technik wie folgt: Zunächst wird manuell Druck, beziehungsweise Zug auf das Gewebe ausgeübt, bis eine erste Spannungsgrenze erreicht ist. Dieser Druck wird dann circa 90 bis 120 Sekunden gehalten, bis eine erste Veränderung in Form einer reduzierten Gewebespannung zu spüren ist. Daraufhin wird der Druck wieder erhöht, bis eine zweite Spannungsgrenze erreicht ist. Nach mehreren Wiederholungen wird das Gewebe spürbar elastischer und weicher und die Spannung in der Muskulatur, sowie der Faszie und die damit verbunden Schmerzen nehmen allmählich ab.

Liptan et al. (2013) bezeichnet das MFR dagegen als eine Kombination aus manueller Traktion und anhaltenden Dehnbewegungen, die dafür entwickelt wurden, fasziale Adhäsionen aufzulösen.

Hanten und Chandler (1994) beschrieben in ihrer Arbeit, dass das MFR ein System der manuellen Therapie ist, welches Massagegriffe und Dehntechniken beinhaltet, die darauf ausgelegt sind, Veränderungen in der Form eines „Release“ in pathologischem Faszien-

gewebe herbeizuführen. Das erwähnte Release beschreibt den Prozess des langsam nachgebenden Gewebes während der Behandlung, welches dem Therapeuten als Feedback dient. Demnach ist damit das Lösen der Spannung im Gewebe gemeint, durch die die optimale Verlängerung der Muskelfasern erreicht wird und der Zug an Sehnen, sowie Knochenansatzpunkten verringert wird (Manheim 2011:13,17).

Es ist erkennbar, dass der Therapieansatz des MFR durchaus unterschiedlich beschrieben wird.

In Übereinstimmung mit den genannten Definitionen versucht Manheim (2011:19) zu verdeutlichen, „dass die myofasziale Therapie eher eine Behandlungsphilosophie darstellt, als eine bloße Ansammlung an Grifftechniken“. Manheim (2011:29f.) beschreibt weiter, dass durch das MFR das Weichteilgewebe gedehnt wird, wobei Dehnungsrichtung, Dehnungsdauer und der Krafteinsatz nur durch das Feedback vom Körper des Patienten gesteuert werden.

Zusammengefasst beschreibt das MFR verschiedene Grifftechniken, die das Faszien-gewebe dehnen und somit Restriktionen¹⁸ und Verklebungen lösen sollen.

Ziel des MFR ist es, eine Verlängerung des faszialen Gewebes zu erzeugen, sodass die Faszie in ihrer Länge und Breite ein optimales dreidimensionales Netz bildet. Zusätzlich werden Fehlhaltungen und die damit verbundenen Beschwerden wieder aufgehoben (Barnes 1997).

Dabei werden grundsätzlich direkte und indirekte Techniken unterschieden. Die direkten Techniken werden dadurch charakterisiert, dass der Therapeut, mit seinen Ellenbogen, Handrücken oder Fingern, die Restriktionen in den Faszien aufsucht, um danach durch einen erhöhten Druck in das Gewebe einzusinken und Druck bzw. Spannung direkt auf die Faszie aufzubringen (Ajimsha 2011). Bei der Betrachtung dieser Techniken ähnelt die Vorgehensweise durchaus anderen faszialen Behandlungsansätzen.

Die indirekten Techniken kennzeichnen sich dagegen dadurch, dass der Therapeut seine Hände, im Faszienverlauf, kaudal und kranial des betroffenen Gewebegebietes auflegt und mit wenig Druck eine schonende Dehnung der Faszie in dem jeweiligen Gebiet erzeugt (Ajimsha 2011). Die unterschiedlichen Techniken sind exemplarisch in Abbildung 5 und Abbildung 6 sichtbar. (JO)

¹⁸ „Einschränkung“ (de Gruyter 2004)

Abbildung 6: Direkte MFR Technik mit dem Ellenbogen am M. soleus



(Quelle: Ajimsha et al. 2014b)

Abbildung 5: Indirekte MFR Technik am M. psoas major



(Quelle: Tozzi et al. 2011)

2.2.2 Wirkungsmechanismus

Die Veränderungen der Faszien, im Laufe einer Behandlung, werden auch als „Faszienplastizität“ beschrieben (Schleip 2003).

In dieser Hinsicht gibt es verschiedene Modelle, welche die zu Grunde liegenden Mechanismen der Faszienplastizität und damit auch die Wirkungsmechanismen des MFR zu erklären versuchen.

Ein Modell stellt das klassische „Gel“ to „Sol“ – Modell dar, welches unter anderem von Barnes (1997) beschrieben wurde. Dieses Modell geht davon aus, dass sich der Aggregatzustand der Grundsubstanz im Bindegewebe, durch die äußere Einwirkung von Energie, in Form von Wärme oder mechanischem Druck, beeinflussen lässt. Demnach besagt es, dass sich die Grundsubstanz in Folge von manuellen Behandlungen von einem gelartigen Zustand in einen flüssigeren Zustand verändert (Schleip 2003, zitiert nach Rolf 1977). Dieses rein mechanische Konzept gilt für Materialien und Strukturen, die unter höheren Energieeinwirkungen ihren Ausgangszustand zu einem flüssigeren Zustand verändern und wird in der Literatur auch häufig als „Thixotropie“ (Proske et al. 1993) oder „Viskoelastische Eigenschaften“ (Wang et al. 2009) bezeichnet.

Als eine Erweiterung dieses Konzeptes gilt das Modell der „Piezoelektrizität“ (Schleip 2003). In diesem Modell werden die Grundsubstanz des Bindegewebes und die weiteren Bestandteile als flüssige Kristalle mit elektrischen Ladungen angesehen (Barnes 1997). Es besagt, dass durch Druck, zum Beispiel durch das MFR, ein Austausch der elektrischen Ladungen stattfindet, wodurch die Fibroblasten, die die Anordnung der interfazial-

len Kollagenfasern kontrollieren, beeinflusst werden. Dadurch kann die Struktur des Bindegewebes verändert werden (Schleip 2003).

Eine weitere Begründung für die Wirkungsweise der MFR-Techniken geht über diese rein mechanischen Modelle hinaus und beruht auf dem neuromuskulären, bzw. dem sensomotorischen System. Durch den Druck werden Sensoren der Golgi-Sehnen Organe und weitere Mechanorezeptoren aktiviert, sodass ein afferentes Signal zum Rückenmark und zum restlichen zentralen Nervensystem gesendet wird. Dieses Signal sorgt dafür, dass die Alpha-Motorneurone¹⁹, durch einen Reflex im Bereich des Rückenmarks, inhibiert werden und so der Tonus der betroffenen Muskulatur und des faszialen Gewebes angepasst wird. Dies verspürt der Therapeut dann als Release (Schleip 2003, zitiert nach Ward 1993).

Auf diesen Mechanismen baut ebenfalls die Anwendung der Foam Roll auf, welche jedoch erst im folgenden Teil der Arbeit beschrieben wird (Kapitel 2.3). Außerdem basieren die bereits erwähnten myofaszialen Techniken, wie zum Beispiel die manuelle Triggerpunktbehandlung, auf diesen Wirkungsmechanismen. (JO)

2.2.3 Klinische Relevanz

Die Behandlungsmethode des MFR wurde schon in einigen Studien auf ihre Wirksamkeit, hinsichtlich verschiedener Krankheitsbilder, überprüft. Eine Übersicht einiger Studienergebnisse zum MFR liegt im Anhang auf den Seiten 151 bis 153 vor.

Bei Berücksichtigung der aktuellen Literatur zu diesem Thema wird ersichtlich, dass die Wirkungen des MFR, bezüglich der verschiedenen Beschwerdebilder, überwiegend positiv ausfallen. Lediglich die Studie von Castro-Sanchez et al. (2011) weist beispielhaft darauf hin, dass die Wirkung des MFR auf die Schmerzen und Muskelverspannungen von Fibromyalgiepatienten, zwar in der Kurzzeitbetrachtung signifikant ist, jedoch diese Wirkung auf längere Sicht nicht bestätigt werden kann. Des Weiteren weist die Arbeit von Hanten und Chandler (1994) darauf hin, dass andere Techniken, in diesem Fall die Muskelenergietechnik, bessere Wirkungen als das MFR auf die Dehnfähigkeit von Muskeln haben könnten.

Andere Studien verdeutlichen dagegen übereinstimmend, dass das MFR positive Auswirkungen auf myofasziale Dysfunktionen und damit verbundene Symptome aufweist, sodass myofasziale Schmerzen signifikant verringert werden. Dies zeigt sich unter anderem in den Arbeiten von Ajimsha et al. (2014a) und Ajimsha et al. (2014b), in denen Verringe-

¹⁹ „Ganglienzellen der motorischen Hirnnervenkerne und der Vörderhörner des Rückenmarks“ (de Gruyter 2004)

rungen der Schmerzen und Triggerpunkte sowohl bei der Therapie von Patienten mit Fersenschmerzen, als auch bei Patienten mit Rückenbeschwerden, festgestellt wurden. Die Unterschiede der Probandengruppen, die mit Techniken des MFR behandelt wurden, im Vergleich zu den Kontrollgruppen waren signifikant. Zusätzlich zeigt die Studie von Liptan et al. (2013), dass durch das MFR die Einschränkungen in den alltäglichen Aktivitäten, die durch myofasziale Dysfunktionen hervorgerufen werden, ebenso reduziert werden können, sodass die Lebensqualität wieder angehoben wird. Zudem hatte das MFR einen Einfluss auf die Dehnfähigkeit der Muskulatur und die Gelenkbeweglichkeit.

Hanten und Chandler (1994) haben außerdem gezeigt, dass durch die Anwendung des MFR im Bereich der unteren Extremität, die Hüftflexion signifikant verbessert werden kann. Auch eine Verbesserung der Wirbelsäulenbeweglichkeit, insbesondere der Wirbelsäulenrotation, konnte mit der Anwendung des MFR in der Therapie von Skoliosepatienten erreicht werden (LeBauer et al. 2008).

Zusätzlich zu den oben genannten Studien haben Tozzi et al. (2011) die Verschieblichkeit der Faszien des Rückens mit Hilfe des Ultraschalls untersucht. Dazu wurden Ultraschallvideos von den Wirbelsäulenbewegungen der Probanden mit lumbalen Rückenschmerzen oder Schmerzen im Bereich der HWS aufgenommen und analysiert. Ein Teil der Patienten dieser Studie wurde mit dem MFR behandelt, während die andere Hälfte der Probanden die Kontrollgruppen bildete und somit keine Intervention erhielt. Das Ergebnis zeigt, dass das MFR die Faszienverschieblichkeit bei Rückenschmerzpatienten signifikant verbessern kann.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Anwendung des MFR in vielerlei Hinsicht einen positiven Einfluss auf verschiedene Krankheitsbilder, die mit myofaszialen Störungen einhergehen, nehmen kann. Welche Veränderungen das MFR aber direkt im fasziellen Gewebe hervorruft, kann noch nicht mit Bestimmtheit gesagt werden, da ausschließlich in der Studie von Tozzi et al. (2011) die Auswirkungen des MFR auf die Faszien, detailliert mit Ultraschallaufnahmen belegt worden sind. Daher sind weitere Untersuchungen nötig, um mit dem Ultraschall die Auswirkungen des MFR oder ähnlichen Behandlungstechniken auf das Faszien Gewebe darzustellen und damit genauere Aussagen über die Wirkungsweise machen zu können.

2.3 Foam Roller

Dieses Unterkapitel gibt allgemeine Informationen über die Foam Roller (siehe Kapitel 2.3.1) und deren Nutzung. In diesem Zusammenhang wird ergänzend die Wirkungsweise (siehe Kapitel 2.3.2) des Foam Rollings in Verbindung mit der klinischen Relevanz (siehe Kapitel 2.3.3) erörtert. (JO)

2.3.1 Begriffsbestimmung

Mit dem Begriff „Foam Roll“ werden verschiedene zylinderförmige Rollen beschrieben, die dafür genutzt werden, die Muskulatur und Faszien zu behandeln (Lukas 2012:28, Thömmes 2014:30). Die Rollen bestehen, wie das Wort „Foam“ (deutsch: Schaum; Willmann et al. 2002:249) bereits aussagt, aus einem festen Kunststoff (Lukas 2012:27). Die Foam Roll stellt ein relativ neues Trainingsinstrument dar. Obwohl bis vor Kurzem nur ein begrenztes Sortiment der Rollen bestand, gibt es sie heute in nahezu allen Variationen, angeboten von einer Vielzahl an Herstellern. Dabei variieren die Rollen in ihrer Oberfläche, ihrem Härtegrad, in der Länge, in der Größe und auch in ihrer Form (Thömmes 2014:170). Dadurch wird gewährleistet, dass sie mittlerweile an fast jedem Körperbereich anwendbar sind. So bietet die Foam Roll in der Kugelform beispielsweise eine gute Möglichkeit, um sensible Bereiche des Nackens zu bearbeiten, während ganz kleine Rollen sogar dazu genutzt werden können, die Fußsohle zu bearbeiten. Um eine bessere Vorstellung über die Foam Roll Varianten zu geben, sind diese in Abbildung 7 noch einmal verbildlicht. (JO)

Abbildung 7: Foam Roll Varianten



(Quelle: www.blackroll.de)

2.3.2 Wirkungsweise

Die Foam Roll wird sowohl zur Regeneration, als auch zur Vorbereitung im Rahmen von sportlichen Aktivitäten genutzt. Ebenso können mit Hilfe der Foam Roll Mobilisationsübungen für verschiedene Wirbelsäulenabschnitte durchgeführt werden oder verschiedene, fordernde Ausgangstellungen geschaffen werden, um Muskelkräftigungsübungen durchzuführen (Thömmes 2014:30,33).

Der Hauptanwendungsbereich besteht jedoch im „Ausrollen“ der Muskulatur und Faszien, unter Nutzung des eigenen Körpergewichtes, in unterschiedlichen Ausgangspositionen.

Dabei legt man sich mit dem jeweiligen Körperbereich auf die Rolle und beginnt die jeweilige Muskulatur, ihrem Verlauf nach, auszurollen. Folgend rollt man über das gesamte Bewegungsausmaß wieder zurück und wiederholt diesen Ablauf für mehrere Durchgänge. Die Intensität kann durch den Nutzer selbst variiert werden (MacDonald et al. 2014).

Durch die Übungen soll Einfluss auf Faszien, Durchblutung, Mobilität und den Muskeltonus genommen werden, sodass sich die Flexibilität der Muskulatur verbessert, die Gelenkbeweglichkeit erhöht und Muskelschmerzen reduziert werden. Es wird dem Foam Rolling nachgesagt, insbesondere die faszialen Adhäsionen und Verklebungen, sowie gebildetes Narbengewebe soweit zu reduzieren, dass, über die Verbesserung von Elastizität und Flexibilität, die Leistungsfähigkeit des muskuloskeletalen Systems gesteigert wird (Lukas 2012:28f.) Es wird vermutet, dass Übungen mit der Foam Roll durch die gleichen Wirkungsmechanismen auf das Gewebe wirken und Veränderungen hervorrufen, wie das MFR. Aus diesem Grund werden Anwendungen mit der Foam Roll auch als „Self-Myofascial Release“ (SMFR) bezeichnet (Healey et al. 2014). Es ist davon auszugehen, dass beim SMFR, ebenso wie beim MFR, der Haupteffekt darin besteht, dass, durch den einwirkenden Druck der Rolle und die damit verbundene Dehnung des Gewebes, Energie entsteht, die die Grundsubstanz des Fasziengewebes beeinflusst. Dadurch verbessert sich die Elastizität der Kollagenfasern und Adhäsionen zwischen den Faszien-schichten werden gelöst (Barnes 1997). Dieser Effekt wurde bereits mit dem Gel-to-Sol Modell ausführlich beschrieben (siehe Kapitel 2.2.2).

Thömmes (2014:30) beschreibt diesbezüglich, dass das Ziel der Bearbeitung der Muskulatur mit der Foam Roll darin besteht, „verklebte Faszienstrukturen zu lösen und die Hydratation, das Binden von Wasser im Gewebe, anzuregen, um bessere Gleitfähigkeiten zu erzeugen“.

Außerdem werden, wie bereits beschrieben, die Golgi-Rezeptoren im Gewebe gereizt, sodass es durch einen Reflex zu einem inhibitorischen Effekt auf die Alpha-Motoneurone im Rückenmark kommt. Dies sorgt dafür, dass der Tonus der Muskulatur reduziert wird (Roylance et al. 2013, zitiert nach Clark und Lucett 2011). Auch Fama und Buetti (2011) führten diese Vermutung am Ende ihrer Arbeit an, da sie eine Reduktion von Kraftparametern nach dem Foam Rolling feststellten.

Der große Vorteil des Foam Rollings besteht, wie es das Synonym Self-Myofascial Release schon vermuten lässt, darin, dass Patienten oder Sportler ihr Faszien-gewebe und ihre Muskulatur mit der Foam Roll eigenständig und in Abwesenheit eines Therapeuten behandeln können (Roylance et al. 2013). Fasziale Verklebungen können somit früh redu-

ziert werden und die Entstehung von Schmerzen kann frühzeitig unterbunden werden. (JO)

2.3.3 Klinische Relevanz

Da die Behandlung mit der Foam Roll erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat, sind bis zum jetzigen Stand nur wenige Studien durchgeführt worden, welche die genauen Effekte des Foam Rollings auf das muskuloskeletale System untersuchten.

Bei der Betrachtung der aktuellen Evidenz zu dem Themengebiet des Foam Rollings, bestätigt sich, dass bisher allgemein wenige Studien zu dem Thema vorhanden sind (siehe Anhang Seite 154-156). Es fällt auf, dass in den vorhandenen Arbeiten überwiegend die Effekte des Foam Rollings im Bezug auf die Dehnfähigkeit von Muskeln und die damit verbundene Gelenkbeweglichkeit untersucht wurden. Meistens beschränken sich diese Arbeiten auf die Untersuchung der Dehnfähigkeit der Ischiocruralen Muskulatur (Roylance et al. 2013, Sherer 2013). Diese Studien weisen auf eine signifikante Verbesserung der Dehnfähigkeit der Muskulatur durch die Anwendung der Foam Roll hin. Des Weiteren wurde in einigen Studien die Auswirkung von Foam Roll Übungen auf verschiedene Kraftparameter, wie zum Beispiel die isometrische Maximalkraft, beschrieben (Fama und Buetti 2011, Healey et al. 2014).

In weiteren Studien wurden jedoch auch andere wichtige Parameter erhoben. Es wurde aufgezeigt, dass sich Muskelschmerzen und Verspannungen, bzw. schmerzempfindliche Punkte in der Muskulatur, durch Übungen mit der Foam Roll verringern lassen (MacDonald et al. 2014, Healey et al. 2014). Zusätzlich wurde in der Studie von MacDonald et al. (2014) die Kraft gemessen, die durch das Rollen auf der Foam Roll entsteht und auf das Bindegewebe einwirkt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Kraft je nach Ausgangsstellung, Übung und Proband variiert und zwischen 28 bis 46 kg betragen kann. Dies impliziert, dass eine große Kraft entsteht, die das Bindegewebe des menschlichen Körpers direkt beeinflussen könnte. Insgesamt wurden in den recherchierten Studien sowohl die Effekte, die das Foam Rolling als Warm-up Programm hat, gemessen (Fama und Buetti 2011), als auch die Auswirkungen, die es als regeneratives Übungsprogramm nach dem Sport zeigt (Roylance et al. 2013, MacDonald et al. 2014).

Während die Nutzung der Foam Roll, als Hilfsmittel zur Regeneration, signifikant die Muskelspannung nach einem belastenden Sportprogramm reduzierte (Roylance et al. 2013), konnte die Wirksamkeit von Foam Roll Übungen als Warm-up vor dem Sport noch nicht zweifelsfrei bewiesen werden. Fama und Buetti (2011) haben gezeigt, dass Kraftparame-

ter, die mittels verschiedener Sprungtests erhoben wurden, durch das Foam Rolling nicht beeinflusst werden.

Es fällt bei der Betrachtung aller Studien auf, dass zwar die Auswirkungen der Foam Roll auf die Beweglichkeit von Muskeln überprüft wurde, jedoch in keiner der bisherigen Studien die Wirkungen des Foam Rolling auf die Faszien untersucht wurde. Es kann demnach bisher keine Aussage darüber gemacht werden, ob die Verbesserungen der Beweglichkeit in den untersuchten Gelenkregionen auch durch fasziale Veränderungen begünstigt werden oder nur durch die Veränderung der muskulären Anteile. Außerdem wurden in den bisherigen Arbeiten oftmals nur die Auswirkungen des Foam Rolling auf die Muskulatur des Oberschenkels untersucht. Die Wirkung auf viele andere Körperregionen wurde bisher nicht getestet. (JO)

2.4 Anatomie Fascia Thoracolumbalis

Für diese Arbeit ist unter anderem auch die Anatomie des menschlichen Rückens, insbesondere der Aufbau der Fascia Thoracolumbalis, von besonderer Bedeutung. Im folgenden Abschnitt werden diese Aspekte berücksichtigt. (AG)

2.4.1 Anatomie

Die Fascia Thoracolumbalis wird in der Literatur unter verschiedenen Synonymen beschrieben. Darunter fallen die Begriffe „Fascia Thoracolumbalis“, „dorsolumbale Faszie“ oder „dorsolumbale Aponeurose“. Am häufigsten wird die Abkürzung FTL, für „Fascia Thoracolumbalis“, verwendet (Tesarz 2010).

Die FTL ist die größte Aponeurose des menschlichen Körpers und dient der Kraftübertragung zwischen Becken und Rumpf, sowie zwischen den oberen und unteren Extremitäten (Benjamin 2009). Sie besteht aus festem Gewebe, welches sich vom Os sacrum bis hin zur BWS erstreckt und im weiteren Verlauf in die Fascia Nuchae übergeht (Graichen und Putz 1999).

Durch die entstehenden Verstreibungen der einzelnen Muskeln gibt es sowohl transversale, als auch longitudinale Züge (Langevin et al. 2011). Hierdurch ist die FTL besonders bei kontralateralen Bewegungen von großer Wichtigkeit, da durch die Einstrahlung des M. latissimus dorsi und des M. gluteus maximus eine Verbindung zwischen oberer und unterer Extremität entsteht und die Faszie somit bei dreidimensionalen Bewegungen des ganzen Körpers aktiv ist. Beispiele für solche Bewegungen können das normale Gehen

oder das Schwimmen darstellen (Benjamin 2009). Ebenso dient die FTL als Verbund zwischen Bauch- und Rückenmuskulatur (Streeck et al. 2006:297f.) und stellt, durch die Lage und die einstrahlenden Strukturen, eine aktive Komponente der LWS dar (Bednar et al. 1995).

Es bestehen zwei Modelle über den anatomischen Aufbau der FTL. Auf der einen Seite wird in der Literatur das Zwei-Lagen Modell beschrieben, welches erstmals von Henry Gray aufgeführt wurde (Aspden 1992, Johnson et al. 1996, Schuenke et al. 2012). Auf der anderen Seite existiert neben dem Zwei-Lagen Modell noch das Drei-Lagen Modell, welches ebenfalls von mehreren Autoren aufgegriffen worden ist (Bogduk und Macintosh 1984, Gatton et al. 2010, Macintosh et al. 1987, Schiebler 2005:167f., Vleeming et al. 2014). Die Modelle werden in der Literatur kontrovers diskutiert. Auf der Grundlage von Willard et al. (2012), die belegen, dass das Zwei-Lagen Modell besser der Realität entspricht, wird in dieser Arbeit detailliert auf das Zwei-Lagen Modell eingegangen.

Das Zwei-Lagen Modell beschreibt im Allgemeinen, dass die FTL aus zwei Blättern besteht, welche sehnengitterartig angeordnet sind (Schuenke et al. 2012).

Vorab soll die einstrahlende Muskulatur genauer erläutert werden. Hierzu zählen der M. latissimus dorsi, M. serratus posterior inferior, M. gluteus maximus, M. transversus abdominis, sowie der M. obliquus internus (Barker et al. 2006, 2014, Gatton et al. 2010, Vleeming et al. 2012). Nicht nur die Meinungen über die anatomische Anordnung der einzelnen Blätter werden in der Literatur unterschiedlich aufgezeigt, die einzustrahlende Muskulatur wird ebenfalls diskutiert. So haben nach Willard et al. (2012) auch der M. trapezius und der M. biceps femoris einen Einfluss auf die Aktivität der FTL.

Bei detaillierter Betrachtung der FTL kann man zwischen einem posterioren und einem anterioren Blatt unterscheiden. Das posteriore Blatt spaltet sich in einen oberflächlichen und einen tiefen Anteil auf (Bogduk und Macintosh 1984, Streeck et al. 2006:295ff.).

Das posteriore Blatt erstreckt sich über die Dornfortsätze der BWS und LWS, sowie die Ligamenti supraspinali und interspinali bis nach sacral. Dabei ist es sowohl an den SIPS, als auch an den Beckenkämmen befestigt (Bogduk und Macintosh 1984, Vleeming et al. 2012). Im kaudalen Bereich schließt sich die FTL mit der Aponeurose²⁰ des M. erector spinae, oberhalb des Os sacrum, zusammen und bildet somit den Ursprung für den M. gluteus maximus. Der Zusammenschluss dieser Aponeurose mit der FTL wird auch „Thoracolumbar Composite“, kurz TLC, genannt und stellt einen untrennbaren Verbund dar (Willard et al. 2012).

²⁰ „flächenhafte Sehne“ (de Gruyter 2004)

Der oberflächliche Anteil des posterioren Blattes bildet gleichzeitig die Aponeurose des M. latissimus dorsi, sowie des M. serratus posterior inferior, deren Fasern caudomedial verlaufen (Schiebler 2005:167f.). Demnach werden vier Fasergruppen voneinander unterschieden. Die erste Fasergruppe ist am Beckenkamm befestigt, während die zweite Gruppe entlang des Iliosakralgelenkes (ISG) und des lateralen Randes des M. erector spinae verläuft. Die dritte Fasergruppe umfasst die Fasern des lateralen Randes des M. erector spinae und die Fasern der vierten Gruppe verlaufen über den M. erector spinae (Bogduk und Macintosh 1984, Willard et al. 2012).

Der tiefe Anteil des posterioren Blattes ist ein Verbund aus Fasern. Diese bilden eine Serie von zusätzlichen Bändern und sind auf Höhe der Segmente L2 bis L5 an den Dornfortsätzen, sowie am Ilium verankert und verlaufen caudolateral (Bogduk und Macintosh 1984, Willard et al. 2012).

Diese beiden Anteile bilden ein Retinaculum²¹ über die Rückenmuskulatur. Dieses Retinaculum wird auch „Paraspinal Retinacular Sheath“, kurz PRS, genannt. Das PRS umhüllt die Mm. iliocostalis, Mm. longissimus thoracis und Mm. multifidii (Bogduk und Macintosh 1984, Willard et al. 2012). Zusätzlich dient das PRS dem M. obliquus internus abdominis und teilweise dem M. transversus abdominis als Ursprungsfläche (Schiebler 2005:197, Willard et al. 2012).

Das mittlere Blatt der FTL ist dick, aponeurotisch und erstreckt sich von den Spitzen der Querfortsätze der LWS und den Ligamenti intertransveri. Dieses Blatt der FTL dient als Ursprung für den M. transversus abdominis. Am lateralen Rand des M. erector spinae vereinigen sich die beiden Anteile der FTL (Bogduk und Macintosh 1984, Willard et al. 2012). Außerdem grenzt die FTL die autochtone Rückenmuskulatur vom M. quadratus lumborum und dem M. psoas major ab (Streeck et al. 2006:297f., Willard et al. 2012).

Die zelluläre Zusammensetzung der FTL ist unterschiedlich geprägt und gleicht der Erklärung der allgemeinen Anatomie der Faszien, die schon im Kapitel 2.1.2 gegeben wurde.

Die FTL enthält sowohl kontraktile Zellen, als auch verschiedene Mechanorezeptoren, sowie glatte Muskelzellen (Tesarz 2010). Dadurch lässt sich auf verschiedene Aufgaben und Funktionen der FTL schließen, die den sensorischen und den mechanischen Bereich betreffen. Die Aufgaben sind im Folgenden übersichtlich aufgelistet.

²¹ „Halteband“ (de Gruyter 2004)

Zu den sensorischen Aufgaben der FTL zählen:

- Propriozeption,²²
- Schmerzgeneration und
- Koordination der Bewegungen von Rumpf und Extremitäten.

Die motorischen Aufgaben der FTL beinhalten die:

- Segmentale Stabilisierung,
- Muskuläre Entlastung (Kraftspeicher),
- Kontraktile Fähigkeit (Rumpfstreckung) und ebenfalls
- Koordination der Bewegungen von Rumpf und Extremitäten
(Tesarz 2010).

Die Aufgabe der Koordination von Bewegungen des Rumpfes und der Extremitäten wird vor allem deutlich, wenn die Anatomie genauer betrachtet wird. Die beiden Blätter der FTL verlängern sich während einer Rumpfflexion in der sagittalen Ebene, jedoch nehmen sie nicht in ihrer Breite ab (Streeck et al. 2006:298). Durch die fasziale Spannung im Bereich der LWS, erhöht sich die segmentale Steifigkeit bei einer Rumpfflexion und reduziert sich bei einer Rumpfextension (Barker et al. 2004). Bei einer Kontraktion des M. transversus abdominis kann es ebenfalls zu einer Spannungszunahme der FTL kommen. Dies hat eine Extensionsbewegung des Rumpfes zu Folge (Macintosh et al. 1987).

Über die Innervation der FTL kann keine adäquate Aussage getroffen werden, da die Angaben diesbezüglich widersprüchlich sind (Tesarz et al. 2011). Es wird aber davon ausgegangen, dass die FTL sowohl propriozeptiv (Bednar et al. 1995), als auch nozizeptiv innerviert wird (Willard et al. 2012, Tesarz 2010). (AG)

2.4.2 Klinische Relevanz

In dem Kapitel 2.1 wurde bereits auf die pathologischen Veränderungen von Faszien und die Auswirkungen auf den menschlichen Körper eingegangen.

Wie die anderen Faszien, kann die FTL durch mechanischen Stress, wie zum Beispiel durch Mikrotraumen, in dem Bereich der Bänder und der Facettengelenke geschädigt werden. Dies wiederum kann die Aufgaben der FTL beeinträchtigen, sodass es zu einer gestörten Koordination von Bewegungen kommt. Ebenso kann es durch einen Hypertonus, sowie biochemischen Veränderungen, zu einer Schädigung der FTL kommen. Dadurch entsteht eine Fehlbelastung, welche zu einer veränderten Viskosität und zu ad-

²² „Tiefensensibilität; Wahrnehmung der Stellung und Bewegung des Körpers im Raum“ (de Gruyter 2004)

häsigen Veränderungen der FTL führt. Neben diesen mechanischen Ursachen, kann es auch genetische, sowie entzündliche Veränderungen in dem Bereich der Faszie geben (Tesarz 2010). In diesen Fällen kann eine wiederholte Fehlbelastung entstehen, wodurch die Grundsubstanz der FTL zähflüssiger und die Elastizität der Faszie reduziert wird. Dies kann zusätzlich Bewegungen, insbesondere die Rumpfflexion, negativ beeinflussen. Durch die Veränderungen der FTL selbst kann es zu einem Einfluss auf die Proliferation, sowie die Aktivität der lumbalen Myofibroblasten kommen (Streeck et al. 2006:301f., Tesarz 2010).

Die Viskosität ist in diesem Zusammenhang mit der Stabilität der LWS ein wichtiger Faktor, da sie direkten Einfluss auf die kollagenen Fasern hat, welche wiederum direkt Einfluss auf die Kraftübertragung nehmen (Gracovetsky 2008).

Die Ursachen für chronische Rückenschmerzen, die eine direkte oder indirekte Beteiligung der FTL beinhalten werden in der folgenden Tabelle aufgeführt: (AG)

Tabelle 1: Ursachen für chronische Rückenschmerzen unter Beteiligung der FTL

Direkte Beteiligung	Indirekte Beteiligung
Lumbofasziale Mikrotraumen	Verkettungssyndrome
Notalgia paraesthetica ²³	Gestörte motorische Kontrolle
Faszienvorverklebungen	Referred Pain
Gestörte segmentale Koordination	Zentrale Sensibilisierung

Auflistung der direkten und indirekten Beteiligung der FTL bei chronischen Rückenschmerzen.
(Quelle: Tesarz 2010)

2.5 Sonographische Diagnostik

Auch die Diagnostik mit Hilfe eines Ultraschallgerätes stellt einen elementaren Teil für diese Studie dar. Früher wurde der Ultraschall hauptsächlich verwendet, um Organe zu untersuchen. Mittlerweile wird der Ultraschall jedoch auch genutzt, um andere Gewebe, wie zum Beispiel Faszien, darzustellen. Inhalte dieses Wandels werden im Folgenden detaillierter ausgeführt. (AG)

²³ „Nervenengpasssyndrom, charakterisiert durch einen lokalisierten, paroxysmalen Juckreiz im Bereich des Rückens“ (Tesarz 2010)

2.5.1 Grundlagen und Funktionsweise von Ultraschall Diagnostik

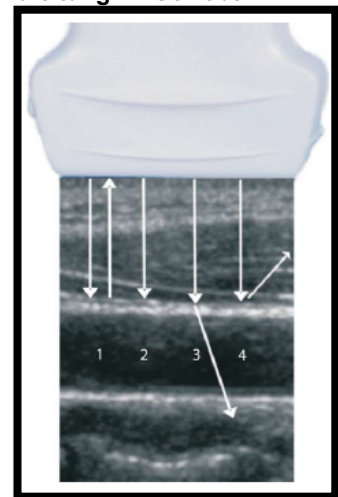
Die Grundlage für die Funktionsweise der Sonographie bildet der piezoelektrische Effekt, welcher 1880 von Pierre Curie entdeckt wurde. Dieser Effekt wird in umgekehrter Form bei der Ultraschall Diagnostik angewandt. Der umgekehrte piezoelektrische Effekt besagt, dass durch Anlegen einer elektrischen Spannung ein Kristall verformt werden kann. Dieser muss jedoch ein piezoelektrischer Kristall sein, wie zum Beispiel Quarz oder Bariumtitanat. Durch die elektrische Anregung der Kristalle können diese mechanische Schwingungen ausführen, welche zur Erzeugung von Schallwellen führen (Klotz 2008:4).

Durch die produzierten Schallwellen können Pixel erstellt werden, welche das Bild erzeugen. Die produzierten Schallwellen sind abhängig von dem Gewebe, welches mit dem Ultraschall untersucht wird, wodurch auch die unterschiedlichen Graustufen eines Ultraschallbildes entstehen. Die Helligkeit der dargestellten Strukturen hängt davon ab, wie lange der Schall braucht, um von dem Gewebe reflektiert zu werden (Whittaker 2007:3ff.).

Die Sonographie beruht auf drei Grundprinzipien der Physik:

- Eindringtiefe,
- Dämpfung
- und Reflexion (Klotz 2008:5).

Abbildung 8: Schallwellenausbreitung im Gewebe



Schallwellenausbreitung im Gewebe:
1 Reflexion, 2 Absorption,
3 Brechung, 4 Streuung
(Quelle: Klotz 2008:5)

Die Eindringtiefe wird in Megahertz (MHz) angegeben und unter anderem durch die Intensität der Ultraschallstrahlen, sowie die Frequenz und Geschwindigkeit des Schalls beeinflusst. Bei der Dämpfung erfolgt eine Reflexion, Absorption oder Streuung der Fragmente. 80 Prozent der Strahlen werden absorbiert. Die Frequenzen, welche zum Schallen verwendet werden, sollten passend zum Gewebe gewählt werden. Hohe Frequenzen von 5 bis 10 MHz dienen dazu oberflächliche Strukturen, wie zum Beispiel Muskeln, Bänder und Sehnen, mit dem Ultraschall zu untersuchen. Im Bereich der niedrigen Frequenzen von 3,5 bis 5 Mhz werden tiefe Strukturen, wie zum Beispiel Organe, betrachtet. Bei der Reflexion werden Raster von den Schallwellen erstellt, welche dann in entschlüsselter Form das Bild ergeben (Whittaker 2007:2ff.).

Durch das Impuls-Echo-Verfahren wird ein gestaffeltes Senden und Empfangen von den Piezo-Kristallen erzeugt, welche in der Schallsonde des Ultraschallgerätes angeordnet

sind. Die Bilderzeugung erfolgt durch eine computergesteuerte Verrechnung. Am häufigsten wird der Brightness-Mode (B-Mode) zum Schallen verwendet. Dabei werden die empfangenen Echos nach zeitlicher Abfolge und Intensität zu Graustufen verrechnet und ein zweidimensionales Bild erzeugt (Klotz 2008:4ff.).(AG)

2.5.2 Sonographie von Faszien

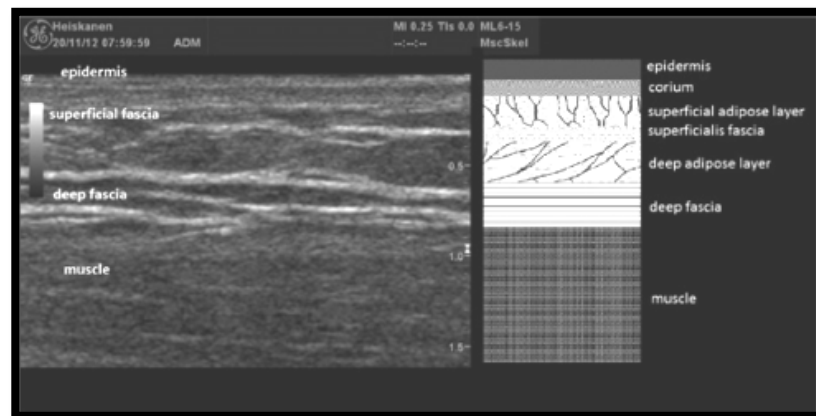
Bei der Sonographie lassen sich Faszien gut von dem umgebenden Gewebe abgrenzen, da sie sehr echoreich und dünn sind. Dadurch entsteht eine klare, abzugrenzende Linie zwischen Weichteilgewebe und Faszien (Bradley und O'Donnell 2010:XI).

Bei der Sonographie kann die Unterteilung in eine oberflächliche und eine tiefe Faszien-schicht vollzogen werden. Demnach liegt die oberflächliche Faszie nah zur Haut und kann in ihrer Dicke variieren. Sie dient als Verbindung zwischen der Haut und der tiefen Schicht der Faszie (O'Neill 2008:7f.).

Durch den Ultraschall können sowohl die oberflächliche, als auch die tiefe Faszie dargestellt werden. Da das Gewebe der Faszie sehr echoreich ist, wird sie in der Sonographie hell, bzw. weiß dargestellt, wohingegen die Muskulatur dunkler und mit grauen Schatten durchstreift ist (Bradley und O'Donnell 2010:XI).

Durch das bildgebende Verfahren der Sonographie, kann die unabhängige oder gestörte Bewegung, sowie die Struktur an sich erkannt werden. Auffälligkeiten ergeben sich vor allem aus den Bereichen der Regelmäßigkeiten, Schattenverhältnisse, Homogenität, Reflektion und Dichte. Ebenso kann durch die Darstellung von bewegten Bildern auch der funktionelle Aspekt dargestellt werden, wie zum Beispiel das Gleiten der tiefen und oberflächlichen Faszie gegeneinander oder zum umliegenden Gewebe (Luomala et al. 2014). (AG)

Abbildung 9: Anordnung von Unterhautgewebe und Faszien­schichten der FTL



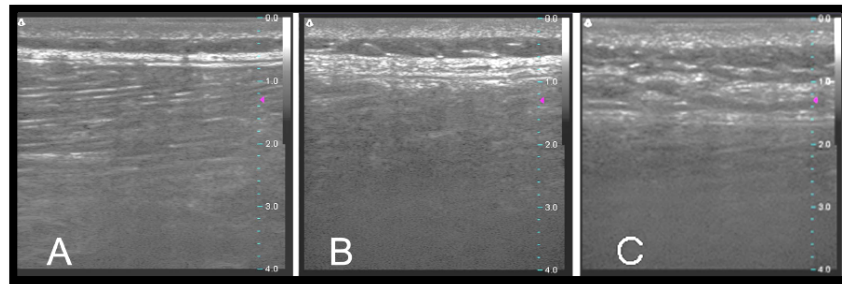
Vergleich zwischen der Anordnung des Unterhautgewebes und Faszien­schichten (rechte Seite) und dem subkutanen Gewebe des Wadenbereichs, wie durch Ultraschall visualisiert (linke Seite).
(Quelle: Luomala et al. 2014)

2.5.3 Sonographie der Fascia Thoracolumbalis

Da die Nutzung des diagnostischen Ultraschalls im Bereich der Faszien bisher noch nicht häufig verwendet wurde, gibt es bezüglich dieses Themengebietes bislang wenige Studien. In der Studie von Langevin et al. (2009) wurde die FTL in dem Bereich der Segmente L2 und L3, zwei Zentimeter lateral der Dornfortsätze, geschallt, da in diesem Bereich die FTL parallel zur Haut verläuft. Weiter distal, im Bereich von L4 und L5, zeigen sich im Bereich des Gesäßes stärkere Fetteinlagerungen, weshalb es schwierig ist die FTL an dieser Stelle zu beurteilen. Des Weiteren wird in dieser Studie ein Vergleich zwischen der Beschaffenheit der FTL bei Patienten mit Rückenbeschwerden und gesunden Probanden hergestellt. Die Ergebnisse dieses Vergleiches zeigen, dass sich die Verschieblichkeit der Faszien­schichten bei Patienten mit Rückenbeschwerden signifikant verringern kann.

Bei der Betrachtung der Sonographieaufnahmen der FTL kann diese in echoreiche und echoarme Schichten unterschieden werden. Hierdurch entstehen, je nach Konstitution der untersuchten Person, unterschiedliche Bilder der FTL. Zum einen variiert die Dicke der FTL in den Aufnahmen, sodass je nach Patient eine dicke (siehe Abb. 10 B) oder einer eher dünne (siehe Abb. 10 A) Faszie in der Aufnahme zu sehen ist. In anderen Fällen zeigt sich eine vielschichtige Darstellung der FTL, welche keine klare Abgrenzung zwischen oberflächlicher und tiefer Schicht aufweist (Langevin et al. 2009).

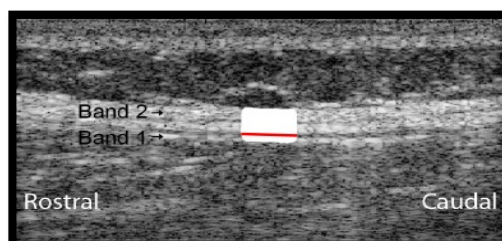
Abbildung 10: Unterschiedliche Faszienbeschaffenheiten der FTL im Ultraschall



Beispiele für Ultraschallbilder zur Veranschaulichung des perimuskulären Bindegewebes:
dünn (A), dick (B) und vielschichtig (C)
(Quelle: Langevin et al. 2009)

In einer weiteren Studie von Langevin et al. (2011) werden die zwei Schichten der FTL in den Ultraschallaufnahmen beschrieben. In dieser Arbeit wird zwischen Band 1 und Band 2 unterschieden (siehe Abb. 11). Band 1 wird dünn dargestellt und bewegt sich mit dem nach unten angrenzenden Muskel. Aus diesem Grund wird dieses Band auch als Aponeurose des M. erector spinae beschrieben. Im Gegensatz dazu wird Band 2 dicker dargestellt, was darauf zurückzuführen ist, dass dieses Band aus mehreren Unterschichten besteht. Dies deutet darauf hin, dass die FTL aus unterschiedlichen Muskeln gebildet wird. Durch die transversalen und longitudinalen Zügen der FTL entsteht die unterschiedliche Bewegung zwischen Band 1 und Band 2 (Langevin et al. 2011). (AG)

Abbildung 11: Darstellung der Faszien-schichten der FTL im Ultraschall



In dieser Ultraschallaufnahme stellt Band 2 das posteriore Blatt der Faszie dar, während Band 1 das mediale Blatt zeigt.
(Quelle: Langevin et al. 2011)

2.6 Herleitung der Fragestellung und Hypothesenbildung

Auf der Grundlage der vorliegenden Literatur ergibt sich für diese Arbeit ein Bereich, der in Zusammenhang mit der neuartigen Behandlungsmöglichkeit des Foam Rollings noch nicht hinreichend untersucht wurde. Dabei handelt es sich um die Betrachtung der Auswirkung, die das Foam Rolling auf Faszienstrukturen hat.

Da sich durch die neuen Erkenntnisse der letzten Jahre die Betrachtung und die Bedeutung von Faszien, besonders in Therapieberufen, wie der Physiotherapie, gewandelt haben, kommt diesem Bereich eine besonders interessante Bedeutung zu. Die ermittelte Literatur zu dem Thema Faszien, die im Kapitel 2.1 aufgeführt ist, belegt dies. Die neuesten Erkenntnisse aus der Faszienforschung zeigen, dass Faszien trainierbar sind.

Deshalb gibt es mittlerweile spezifische Trainingsanweisungen, die oftmals unter dem Begriff „Faszientraining“ zusammengefasst werden (Thömmes 2014:29ff., Lukas 2012:23ff.). Diese beinhalten neben Dehnübungen auch Übungen mit der Foam Roll, welche zu Beginn oder am Ende des Trainings durchgeführt werden können und dazu beitragen, dass das Fasziengewebe elastisch und somit „gesund“ bleibt.

In den bisherigen Forschungsarbeiten über das Foam Rolling konnten zwar Aussagen über die Auswirkungen auf die Dehnfähigkeit von Muskeln dargestellt werden (siehe Kapitel 2.3.3), jedoch wurden bislang Veränderungen in der Beweglichkeit der Faszien nicht analysiert.

Im Bezug auf die klinische Relevanz der Faszienbehandlung mit der Foam Roll zeigt sich der Rücken als bedeutsames Themengebiet.

Erfahrungen aus dem Praxisalltag zeigen, dass im Bereich des Rückens Dysfunktionen verschiedener Strukturen zu Schmerzen und Funktionseinschränkungen führen können und den Patienten daran hindern seiner Sportart, wie gewohnt, nachzugehen. Auch Faszien können hierbei Auslöser für Beschwerden darstellen. Wie bereits beschrieben kann eine einseitige Belastung oder tägliche Inaktivität zu Verklebungen und Restriktionen der Faszien führen und Beschwerden verursachen (Barnes 1997). Langevin et al. (2011) belegen dies zusätzlich mit ihrer Studie, in der unter anderem die gegensätzliche Verschieblichkeit der verschiedenen Schichten der FTL bei gesunden Probanden und bei Probanden mit chronischen Rückenbeschwerden verglichen wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der reduzierten Verschieblichkeit der FTL und Rückenbeschwerden gibt. In diesem Fall wurde der Ultraschall als diagnostisches Messinstrument genutzt.

Des Weiteren haben Schleip et al. (2004) gezeigt, dass auch in der posterioren Schicht der FTL eine Vielzahl an kontraktilen Zellen vorhanden sind, sodass die FTL aktive Auswirkungen auf Bewegungen und Dysfunktionen der Wirbelsäule haben kann.

In dieser Arbeit soll daher primär der Einfluss des Foam Rollings auf die Beweglichkeit des Rückens, insbesondere der Fascia Thoracolumbalis, untersucht werden. Der Schwerpunkt wird hierbei auf die Betrachtung der kurzfristigen Wirkung, direkt nach den Übungen mit der Foam Roll, gelegt. Der Grund dafür liegt in der Beschreibung des Foam Rollings als Aufwärmübung, was voraussetzt, dass die Foam Roll auch kurzfristigen Einfluss auf das Gewebe nimmt (Thömmes 2014:31). Um dies umzusetzen, wurde die Beweglichkeit der Faszie, ebenso wie in der Arbeit von Langevin et al (2011), mittels Sonographie erfasst. Da der präventive Faktor, im Sinne des Faszientrainings (Thömmes 2014:29ff., Lukas 2012:23ff.), Berücksichtigung finden soll, wurden für die Studie nur sportlich aktive Probanden, ohne akute Beschwerden des Bewegungsapparates, rekrutiert. Dies wird durch den Zusatzaspekt unterstrichen, dass die Foam Roll in Artikeln und der Fachbüchern als Trainingsinstrument für Sportler bezeichnet wird. Aktuelle Studien, wie zum Beispiel von Pearcey et al. (2014) zeigen einen positiven Effekt von Foam Roll-Übungen auf Muskelspannung und Schmerzen. Deshalb wird auch vermutet, dass diese Anwendung der Entstehung von chronischen myofaszialen Schmerzsyndromen entgegenwirkt (Lukas 2012:28f.). Zusammenfassend beschäftigen sich die Verfasser dieser Arbeit mit der Frage, ob das Foam Rolling bei sportlichen Menschen, deren Faszien keine akuten Problematiken aufweisen, signifikante Veränderungen in der Beweglichkeit begünstigt.

Die sekundären Ziele werden durch weitere ergänzende Messungen gebildet. Dabei handelt es sich zum Einen um die Messung der Mechanosensivität ausgewählter Punkte mit Hilfe eines Algometers. Zum Anderen werden sowohl Untersuchungen der thoracolumbalen, als auch der lumbalen Flexionsbeweglichkeit mit Hilfe von digitalen Goniometern und des modifizierten, modifizierten Schober-Tests (MMST) durchgeführt. Die genaue Vorgehensweise im Rahmen der Durchführung wird in Kapitel 3.2.4 näher beschrieben.

Auf Grund der gesammelten Erkenntnisse, werden bei den Messungen eine Zunahme in der Beweglichkeit der Fascia Thoracolumbalis, nach den Übungen mit der Foam Roll und im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe erwartet. Außerdem wurde die Hypothese aufgestellt, dass der mechanischen Einfluss der Foam Roll zu einer Verringerung der Mechanosensivität, der Druckpunkte am Rücken führt. Ebenso wird eine Erhöhung der thoracolumbalen und lumbalen Flexion nach dem Foam Rolling vermutet. Die Messinstrumente und ihre Nutzung zur Erhebung dieser Werte werden in Kapitel 3 ausführlich beschrieben.

Die Hypothesen für die Studie beziehen sich, wie bereits erwähnt, zunächst ausschließlich auf die Kurzzeitwirkung der Foam Roll Übungen:

Tabelle 2: Null- und Forschungshypothese der randomisierten, kontrollierten Studie

<u>Primary Outcome</u>	
<u>Nullhypothese</u>	<u>Forschungshypothese</u>
<u>0H1:</u> Es gibt keinen signifikanten Unterschied in den, durch das Foam Rolling begünstigten, Veränderungen der Beweglichkeit der Fascia Thoracolumbalis, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.	<u>H1:</u> Es gibt einen signifikanten Unterschied in den, durch das Foam Rolling begünstigten, Veränderungen der Beweglichkeit der Fascia Thoracolumbalis, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe
<u>Secondary Outcome</u>	
<u>Nullhypothese</u>	<u>Forschungshypothese</u>
<u>0H2:</u> Es gibt keinen signifikanten Unterschied im Hinblick auf die Veränderungen der lumbalen Flexion nach dem Foam Rolling, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.	<u>H2:</u> Es gibt einen signifikanten Unterschied im Hinblick auf die Veränderungen der lumbalen Flexion nach dem Foam Rolling, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.
<u>0H3:</u> Es gibt keinen signifikanten Unterschied in den Veränderungen der thoracolumbalen Flexion nach dem Foam Rolling, verglichen mit einer Placebo- und Kontrollgruppe.	<u>H3:</u> Es gibt einen signifikanten Unterschied in den Veränderungen der thoracolumbalen Flexion nach dem Foam Rolling, verglichen mit einer Placebo- und Kontrollgruppe.
<u>0H4:</u> Es gibt keinen signifikanten Unterschied, hinsichtlich den Veränderungen der Mechanosensivität nach dem Foam Rolling, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.	<u>H4:</u> Es gibt einen signifikanten Unterschied, hinsichtlich den Veränderungen der Mechanosensivität nach dem Foam Rolling, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.

Auflistung der Null- und Forschungsfrage für das Primary und Secondary Outcome
(Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

3. Material und Methode

Im Folgenden werden sowohl das genutzte Material (siehe Kapitel 3.1) für die Durchführung der Studie, als auch die angewandten Methoden (siehe Kapitel 3.2) erläutert. (AG)

3.1 Material

Zunächst werden in diesem Abschnitt die genutzten Materialien dargestellt und beschrieben. Dazu gehört die Beschreibung der Foam Roll (siehe Kapitel 3.1.1), die ausgewählt wurde, um die Intervention umzusetzen, wie auch die Erläuterung der eingesetzten Messinstrumente (siehe Kapitel 3.1.2). (AG)

3.1.1 Foam Roller

Die Wahl der Foam Roll, die für diese Studie verwendet wurde, fiel auf die Blackroll ® Standard (siehe Abb. 12) der Blackroll AG (Bottighofen, Schweiz). Diese weist im Vergleich zu anderen Rollen dieses Herstellers eine durchschnittliche Dichte und damit auch einen mittleren Härtegrad auf. Die Blackroll ® Standard ist 30 cm x 15 cm groß, hat einen Lochdurchmesser von 5 cm und wiegt lediglich 125 Gramm. Sie besteht aus expandiertem Polypropylen, einem speziellen Kunststoff. Dadurch ist sie auch bei längerer Nutzung von Sportlern mit einem Körpergewicht von über 100 kg formbeständig. Zudem ist sie, was den hygienischen Standard betrifft, problemlos abzuwaschen und leicht zu desinfizieren (Lukas 2012:27).

Der Grund für diese Wahl besteht darin, dass andere Rollen mit einem höheren Härtegrad für die Anwendung in dieser Studie ausgeschlossen werden, da diese überwiegend als Trainingsmittel für Leistungssportler empfohlen werden. Für den Amateurbedarf und Personen, die die Rolle zum ersten Mal nutzen, wurde die Intensität daher als zu hoch eingeschätzt (Lukas 2012:27). (AG)

Abbildung 12: Blackroll ® Standard



(Quelle: www.valife.de)

3.1.2 Messinstrumente

3.1.2.1 Sonographie

Für die Aufnahme der Bewegungen der FTL wurde das Ultraschallgerät MyLab™One des Bewegungslabors der Hochschule Osnabrück im EA Gebäude an der Elbestraße genutzt. Dabei handelt es sich um ein Gerät, dass in verschiedenen Ausführungen von der Esaote Biomedica Deutschland GmbH aus Köln hergestellt wird. Bei diesem, für diese Untersuchungen genutzten, Modell handelt es sich um die Ausführung MyLab™One Muskuloskeletal. Das Gerät wurde in Verbindung mit der linearen Sonde SL3323 13-6 verwendet, die eine Schalloberfläche von 33 mm besitzt. Mit dem Ultraschallgerät können verschiedene muskuloskeletale Gewebe mit Frequenzen zwischen 6 und 13 MHz geschallt und in Tiefen zwischen 2 und 9 cm erreicht werden. Zusätzlich zu der Möglichkeit der Bildaufnahmen bietet das Gerät die Funktion Videoclips mit einer Länge von bis zu 30 Sekunden aufzunehmen.

Abbildung 13:
Ultraschallgerät
MyLab™One
Muskuloskeletal



(Quelle: www.esaote.de)

Auf Grund der Tatsache, dass der diagnostische Ultraschall erst seit den letzten Jahren für die Analyse von faszialen Geweben genutzt wird, liegen bisher kaum Vergleichswerte einer derartigen Analyse von Faszienbewegungen vor.

Eine Ausnahme stellt die Studie von Langevin et al. (2011) dar, welche zusätzlich zur Analyse der Faszienverschieblichkeit von Patienten mit Rückenbeschwerden und gesunden Probanden, Aufschluss über die Intratesterreliabilität dieses Verfahrens gibt. Jedoch gibt diese Studie nur die Verschieblichkeit der Faszien-schichten in Prozent wieder, nicht aber die gesamte Beweglichkeit der Faszie, wie sie in dieser Studie analysiert werden soll. Die Reliabilität wurde mit einem sehr hohen Intra-Class Korrelationskoeffizienten (ICC) von 0,98 angegeben. Die Nutzung des Ultraschalls in Verbindung mit dem Cross Correlation Verfahren wurde bisher nur für die Untersuchung von nervalen Bewegungen angewandt. In der Arbeit von Dilley et al. (2001) wurde neben der Untersuchung der Beweglichkeit des N. medianus, zusätzlich die Zuverlässigkeit der Cross Correlation Methode, hinsichtlich der Messung von Gewebewebewegungen in Ultraschallaufnahmen, überprüft. Auf Grund der Tatsache, dass die wiederholten Messungen nur zu geringen Abweichungen in den Messergebnissen führten, konnte die Reliabilität dieses Messinstrumentes als gut eingestuft werden. Auch die Beweglichkeit des N. ischiadicus und N. tibialis

wurde in einer Studie von Ellis et al. (2008) berechnet. Die Bewegung wurde in diesem Fall während einer Mobilisation dieser Nerven aufgenommen. Die Analyse dieser Aufnahmen erfolgte wiederum mit einer Cross Correlation Software. Dabei wurde für die Analyse des N. ischiadicus eine moderate ($ICC=0,39 - 0,76$) und für den N. tibialis eine exzellente ($ICC=0,75$) Reliabilität festgestellt. Andere Untersuchungen, hinsichtlich der Gütekriterien von ultraschallgestützten Assessmentverfahren, stellten keine Verbindung zu dem, in dieser Studie genutzten, Cross Correlation Verfahren (siehe Kapitel 3.2.4.2.2) dar. Studien, wie die von Watanabe et al. (2004), die die Dicke des M. erector spinae mit dem Ultraschall analysiert haben, weisen jedoch ebenso auf eine gute Reliabilität für Messungen mit dem Ultraschallgerät hin (Intratesterreliabilität: $ICC=0,938 - 0,962$; Intertesterreliabilität: $ICC=0,9 - 0,948$).

Tabelle 3: Gütekriterien Sonographie

Quelle	Gütekriterien	Untersuchungsinhalt
Ellis et al. (2008)	Test - Retest Reliabilität: N. ischiadicus $ICC=0,39 - 0,76$ N. tibialis $ICC=0,75$	Messung der Beweglichkeit des N. ischiadicus und des N. tibialis bei gesunden und verletzten Probanden.
Langevin et al. (2011)	Intratesterreliabilität: $ICC=0,98$	Verschieblichkeit der Faszien-schichten der FTL mittels Cross Correlation bei gesunden Patienten und Patienten mit Rückenbeschwerden.
Watanabe et al. (2004)	Intertesterreliabilität: $ICC=0,9 - 0,948$ Intratesterreliabilität: $ICC=0,938 - 0,962$	Dicke des M. erector spinae unter Anwendung des Ultraschalls.

Tabellarische Ausführung der Gütekriterien mit Untersuchungsinhalt und Quellenangabe für die Sonographie und die Cross Correlation Software.
(Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

3.1.2.2 Modifizierter, modifizierter Schober-Test (MMST)

Zur Messung der lumbalen Beweglichkeit, vor und nach dem Foam Rolling, wurde der modifizierte, modifizierte Schober-Test (MMST) durchgeführt, welcher eine Weiterentwicklung des ursprünglichen Schober-Tests darstellt. Durch die Modifizierung des Tests soll gewährleistet werden, dass die gesamte LWS in der Messung der Flexionsfähigkeit berücksichtigt wird. Miller et al. (1992) überprüften die Anwendung des Schober-Tests und des modifizierten Schober-Tests auf seine Reliabilität und Validität. Letzterer gilt als erste Veränderung des Schober-Tests, bei dem der untere Fixpunkt um 5 cm nach kaudal verlegt wurde, sodass eine Ausgangsstrecke von 15 cm entstand. Die Ergebnisse zeigten, dass der obere Fixpunkt, welcher bei beiden Tests 10 cm über der Verbindungsline der rechten und linken SIPS liegt, durchschnittlich auf Höhe der Wirbelsäulensegmente L2 und L3 lag. Aus diesem Grund wird der obere Fixpunkt bei dem MMST nicht 10 cm kranial des unteren Fixpunktes festgelegt, sondern 15 cm kranial der SIPS (Tousignant et al. 2005). Es wird angenommen, dass sich der Bereich zwischen den Fixpunkten, durch die Rumpfflexion, vergrößert (Horre 2004). Von dem Wert der maximalen Rumpfflexion werden anschließend 15 cm subtrahiert, um das Endergebnis zu erhalten (Williams et al. 1993). Tousignant et al. (2005) stellten für die Flexion einen durchschnittlichen Wert von 6,3 cm fest. Auch Williams et al. (1993) haben diesen Test hinsichtlich verschiedener Gütekriterien untersucht. Die Durchführung wurde von drei Therapeuten wiederholt, sodass sich für die Test-Retest Reliabilität, in Form des Pearson Korrelationskoeffizienten, Werte von 0,78 bis 0,89 für die Flexion und 0,69 bis 0,91 für die Extension ergaben. Außerdem betrug die, durch den ICC berechnete, Intertesterreliabilität für die Flexion 0,72 und für die Extension 0,76. Daraus ergibt sich, dass die Reliabilität dieses Messinstrumentes als gut eingestuft werden kann. Tousignant et al. (2005) haben die Gütekriterien des MMST ebenfalls untersucht. In dieser Arbeit wurde der MMST unter anderem mit einer Messung per Röntgenaufnahmen, als Golden-Standard Test, verglichen. Es wurde eine moderate Validität ($r=0,67$), sowie eine sehr gute Reliabilität festgestellt (Intertesterreliabilität: ICC=0,91; Intratesterreliabilität: ICC=0,95). Auf Grund der genannten Kriterien wurde dieser Test als Instrument zur Messung der lumbalen Flexionsfähigkeit der Probanden ausgewählt. Außerdem weisen vergleichbare Tests, wie der Finger-Boden Abstand oder der Sit-and-Reach Test, mit Blick auf die Messung der lumbalen Flexionen, eine geringere Validität auf und wurden daher für die Zwecke dieser Studie ausgeschlossen (Horre 2004).

Die Durchführung dieses Tests wird unter dem Kapitel 3.2.4.2.3 detailliert beschrieben.

Tabelle 4: Gütekriterien MMST

Quelle	Gütekriterien	Untersuchungsinhalt
Tousignant et al. (2005)	Intertesterreliabilität	Messung der lumbalen Flexion bei Patienten mit Rückenbeschwerden, mit dem MMST, im Vergleich zu einer Röntgenanalyse (Golden-Standard).
	ICC=0,91	
	Intratesterreliabilität	
	ICC=0,95	
	Validität: r=0,97 MDC=1 cm	
Williams et al. (1993)	Intertesterreliabilität:	Untersuchung der Extension und Flexion bei Patienten mit Rückenbeschwerden.
	Flexion	
	ICC=0,72	
	Test-Retest Reliabilität:	
	Flexion ICC=0,78 - 0,89	

Tabellarische Ausführung der Gütekriterien mit dem untersuchenden Inhalt und Autorenangabe für den modifizierten, modifizierten Schober Test
(Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

3.1.2.3 Goniometrie

Zur Messung der thoracolumbalen Flexion und zur Standardisierung der Rumpfbeugung für die Ultraschalluntersuchung wurden zwei digitale Goniometer der Firma HALO Medical Devices (hergestellt von: Daviscomms

Abbildung 14: Digitales Goniometer

(S) Pte Ltd, Ubi Techpark, Singapore) verwendet. Diese Geräte stellen laut Hersteller in ihrer Funktion sowohl Inklinometer, als auch Goniometer dar und können somit vielfältig eingesetzt werden. Die Geräte können mit einer Hand bedient werden und messen die Beweglichkeit mit einer Abweichung von einem Grad. Zwei Austrittsstellen für Laserstrahlen der Klasse zwei erlauben es, die Geräte genau nach anatomischen Orientierungspunkten auszurichten,



sodass in drei Bewegungsebenen gemessen werden kann. Die Laserstrahlen der digitalen Goniometer übernehmen damit die Funktion der beiden Schenkel eines handelsüblichen Winkelmessers. (Quelle: www.halomedicaldevices.com)

In der Studie von Kolber et al. (2013) wurde die Messung der lumbalen Flexion, mittels der Inklinometertechnik, hinsichtlich der wissenschaftlichen Gütekriterien überprüft. Dafür wurden für die Anlage der Inklinometer die Dornfortsätze der Wirbelsäulensegmente S1 bis S2 und L1 bis Th12, als Referenzpunkte ausgewählt. Nach der Ausführung der maximalen Flexion wurden die Werte der Inklinometer voneinander subtrahiert, um die isolierte lumbale Flexionsfähigkeit der Probanden zu erhalten.

Die Validität dieses Vorgehens wurde durch die Arbeit von Kolber et al. (2013) mit einem ICC von 0,86 bis 0,87 angegeben.

Des Weiteren wurde die Messung sowohl auf die Intertesterreliabilität, als auch auf ihre Intratesterreliabilität geprüft. Für die Intertesterreliabilität ergab sich ein ICC von 0,81 und für die Intratesterreliabilität ein Wert von 0,83.

Dillard et al. (1991) stellten für die Messung der lumbalen Flexion mit zwei Goniometern ebenfalls eine moderate Intertesterreliabilität von $r=0,788$ heraus, was den Schluss zulässt, dass die Reproduzierbarkeit dieser Methode akzeptabel erscheint.

Um zusätzlich zu der, mit dem MMST gemessenen, lumbalen Flexionsfähigkeit auch Werte für die thoracolumbale Flexion zu erhalten, wurde diese Technik so angewandt, dass die Goniometer in dieser Studie auf die Referenzpunkte S2 und C7 angelegt wurden. Diese Art der Messung wurde bereits von Laudner et al. (2013) genutzt, um die thoracolumbale Flexion von Baseballspielern zu überprüfen. Die detaillierte Anwendung der Geräte zur Messung der thoracolumbalen Flexion wird im Kapitel 3.2.4.2.4 beschrieben. (AG)

Tabelle 5: Gütekriterien Goniometrie

Quelle	Gütekriterien	Untersuchungsinhalt
Dillard et al. (1991)	Intertesterreliabilität: $r=0,788$	Messung der lumbalen Beweglichkeit bei gesunden Probanden mit zwei Goniometern.
Kolber et al. (2013)	Intertesterreliabilität: ICC=0,81 Intratesterreliabilität: ICC=0,83 Validität: ICC=0,86 - 0,87	Messung der lumbalen Flexion bei gesunden Probanden mit zwei Inklinometern.

Tabellarische Auflistung der Gütekriterien, Untersuchungsinhalt und Quellenangabe für die Goniometrie
(Quelle: Eigene Darstellung)

3.1.2.4 Algometrie

Die Messung der Mechanosensitivität, behandelter Muskeln, wurde mit einem Algometer durchgeführt. In diesem Fall wurde das Baseline® Dolorimeter 12-1442, hergestellt durch die Fabrication Enterprises INC. (New York, USA), verwendet. Dieses besitzt einen Druckpunkt mit der Auflagefläche von 1,52 cm². Mit Hilfe dieses Gerätes kann ein Druck von bis zu 10 kg auf das Gewebe gemessen werden. Dazu wird mit dem Algometer langsam, senkrecht Kraft auf das Gewebe ausgeübt. Der Druck endet an dem Punkt, an dem sich für das Empfinden des Probanden der Druck in einen Schmerz verwandelt. Sobald der Druck gelöst wird, bleibt die Nadel des Algometers stehen, sodass der Wert abgelesen werden kann. Die genaue Durchführung dieser Messung wird im Kapitel 3.2.4.2.5 erläutert.

Abbildung 15: Algometer Baseline® Dolorimeter 12-1442



(Quelle: www.fab-ent.com)

In der Studie von Fischer (1987) wurden die Validität und die Reproduzierbarkeit der Messungen mit einem Algometer überprüft. Dabei wurde die Mechanosensitivität verschiedener Muskeln, bei gesunden Probanden erfasst. Auf Grund dessen, dass bei der Messung keine signifikanten Unterschiede im kontralateralen Vergleich festgestellt wurden, ist von einer guten Reliabilität des Messinstrumentes ausgegangen worden. Zusätzlich zu dieser Annahme zeigte die Studie, dass die untersuchten Muskeln teils sehr unterschiedliche Werte aufweisen, was den Schluss zulässt, dass jeder Muskel eine andere Drucksensibilität aufweist. Beispielsweise ergaben sich für die Messung des M. erector spinae, 2 cm lateral des Processus spinosus von L4 durchschnittliche Werte von 6,1 kg für Frauen und 8,8 kg für Männer. Die Werte müssen zusätzlich im Seitenvergleich differenziert werden, da auch hier eine gewisse Varianz in den Werten festzustellen war.

Chesterton et al. (2007) stellten für die Untersuchung der Druckschmerzhaftigkeit des M. interosseus dorsalis manus I, bei gesunden Probanden eine gute Intertesterreliabilität mit einem ICC von 0,91 heraus.

Ebenso ermittelten Walton et al. (2011) Werte für die Reliabilität. Es wurde eine gute Intertesterreliabilität (ICC=0,79 - 0,9), sowie eine hohe Intratesterreliabilität (ICC=0,94 - 0,97) ermittelt. Ebenso wurden für die Test-Retest Reliabilität moderate Werte aufgezeigt (ICC=0,76 - 0,79).

Tabelle 6: Gütekriterien Algometrie

Quelle	Gütekriterien	Untersuchungsinhalt
Chesterton et al. (2007)	Intertesterreliabilität: ICC=0,91	Druckschmerzhaftigkeit des M. interosseus dorsalis manus I bei gesunden Probanden.
Walton et al. (2011)	Intertesterreliabilität: ICC=0,79 - 0,9 Intratesterreliabilität: ICC=0,94 - 0,97 Test-Retest Reliabilität: ICC=0,76 - 0,79	Druckschmerzhaftigkeit des M. trapezius und des M. tibialis anterior bei Probanden mit Nackenschmerzen und gesunden Probanden, mit einem digitalen Algometer.

Auflistung der Gütekriterien, dem zu untersuchenden Inhalt und den dazugehörigen Autoren für die Algometrie.

(Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

3.2 Methode

In diesem Kapitel werden Methoden, die für die Durchführung der Studie und die Beantwortung der Forschungsfrage relevant sind, beschrieben. (JO)

3.2.1 Literaturrecherche

Um den aktuellen Forschungsstand zu den Hintergrundthemen Faszien, Myofascial Release, Foam Rolling, Anatomie der FTL und Sonographie zu überprüfen, wurden jeweils systematische Literaturrecherche angelegt.

Zu Beginn der Recherche wurde die englischsprachige Meta-Datenbank Pubmed im Internet genutzt. Zunächst erfolgte die Suche nach folgenden Begriffen, um Informationen zur Wirkungsweise und Anwendung des Foam Rollings zu erlangen: *foam roll**, *self-myofascial release*, *roller massage*, *impact*, *influence*, *effect*, *changes*, *fascia*, *muscle*, *tissue*, *connective tissue*, *muscle tissue*. Diese Suchbegriffe wurden systematisch mit den Zusätzen OR oder AND verknüpft, um die Suche effektiver zu gestalten.

Des Weiteren wurde im Internet mit der wissenschaftlichen Suchmaschine Google-Scholar recherchiert. Diese Suche, unter der Angabe der Suchbegriffe *foam roller* und *muscle*, ergab einige weitere relevante Ergebnisse.

Zu der Wirkungsweise des MFR, als Behandlungsschwerpunkt für Faszienproblematiken, wurde ebenfalls eine Literaturrecherche angelegt. In der Meta-Datenbank Pubmed wurden folgende Suchbegriffe genutzt und systematisch mit OR oder AND verknüpft: *myofascial release, therapy, effect, impact, fascia*. Die Suche mit der Internetsuchmaschine Google-Scholar nach dem Begriff Myofascial Release ergab auch in diesem Fall zusätzliche Literaturergebnisse.

Außerdem wurden relevante Bücher zur Anatomie und Funktionsweise der Faszien, zum Behandlungsansatz des MFR und zur Wirkungsweise, bzw. Durchführung des Foam Rollings recherchiert. Diese wurden anschließend im Onlinekatalog des internationalen Dokumentenlieferdienstes Subito, unter Angabe des jeweiligen Titels, gesucht und per Fernleihe für jeweils vier Wochen ausgeliehen.

Die Suche im Online Katalog (OPAC) der Hochschule Osnabrück ergab dagegen keine Treffer zu diesen Themen.

Über den hergestellten E-Mail Kontakt zu Dr. Robert Schleip und der Universität Ulm konnten fünf zusätzliche Studien zu den aktuellen Entwicklungen und Erkenntnissen der Faszienforschung beschafft werden. Des Weiteren war hier die Internetplattform der Fascia Research Group, der Universität Ulm sehr hilfreich, um Zugriff auf weitere Publikationen zu den Themen zu erlangen.

Um Hintergrundinformationen und aktuelle Studien zur der physiotherapeutischen Behandlung und zur den Mechanismen des MFR zu erhalten war der Kontakt zur Internetplattform der Deutschen Gesellschaft für Myofascial Release e.V. ebenfalls sehr vorteilhaft.

Für die Suche nach relevanten Artikeln zum Bereich der Anatomie der FTL wurden die Begriffe *fascia thoracolumbalis, thoracolumbar fascia, thoracolumbaler aponeurosis, anatomy, clinical relevance, dysfunction*, sowie die Abkürzungen *FTL* und *TLF* verwendet. Diese wurden wiederum in die Metadatenbank Pubmed eingegeben und anschließend mit AND und OR sinnvoll verknüpft.

Um Hintergrundwissen über die Sonographie zu erlangen wurden die Begriffe *ultrasound, sonography, ultrasonography, elastosonography, fascia, muscle, nerve, diagnostic, measurement, assessment, elasticity and flexibility* in der Metadatenbank Pubmed verknüpft. Daraus ergaben sich einige relevanten Studien hinsichtlich der Funktionsweise des Ultra-

schalls, im Bezug auf die Messung der Beweglichkeit verschiedener Gewebe. Ebenso wurde der Online Katalog (OPAC) der Hochschule Osnabrück erneut nach relevanter Literatur durchsucht. Auf Grund dieser Recherche wurden zwei relevante Bücher ausgeliehen.

Die Abstracts der recherchierten Artikel wurden auf ihre Relevanz überprüft, um anschließend die Volltexte zu relevanten Studien beschaffen zu können.

Die Analyse der Referenzen verschiedener Arbeiten ergab weitere Studien, die für diese Arbeit von Wichtigkeit waren.

Zusätzlich wurde, für Informationen zur Anatomie der FTL und zu statistischen Methoden, private Fachliteratur zu den bereits vorhandenen Rechercheergebnissen hinzugezogen. Die Recherche erstreckte sich über den gesamten Forschungsprozess. (JO)

3.2.2 Studiendesign

Bei der durchgeführten Studie handelt es sich um eine prospektive, randomisierte, kontrollierte Studie. Die rekrutierten Probanden dieser Studie wurden in drei Gruppen eingeteilt. Demnach gibt es eine Foam Roll Gruppe, eine Placebogruppe und eine Kontrollgruppe (siehe Abb. 16).

Die Untersuchung beinhaltete zunächst zwei Messzeitpunkte. Im ersten Schritt der Studie wurden die Ausgangswerte der Probanden erhoben, bevor diese die jeweilige Intervention durchführten. Nach der Intervention und einer kurzen Ruhephase von zehn Minuten wurden die Messungen wiederholt, um im Nachhinein eine Aussage über den kurzfristigen Einfluss des Foam Rolling auf die Beweglichkeit der FTL, im Vergleich zu den Ausgangswerten und zu den anderen Gruppen machen zu können.

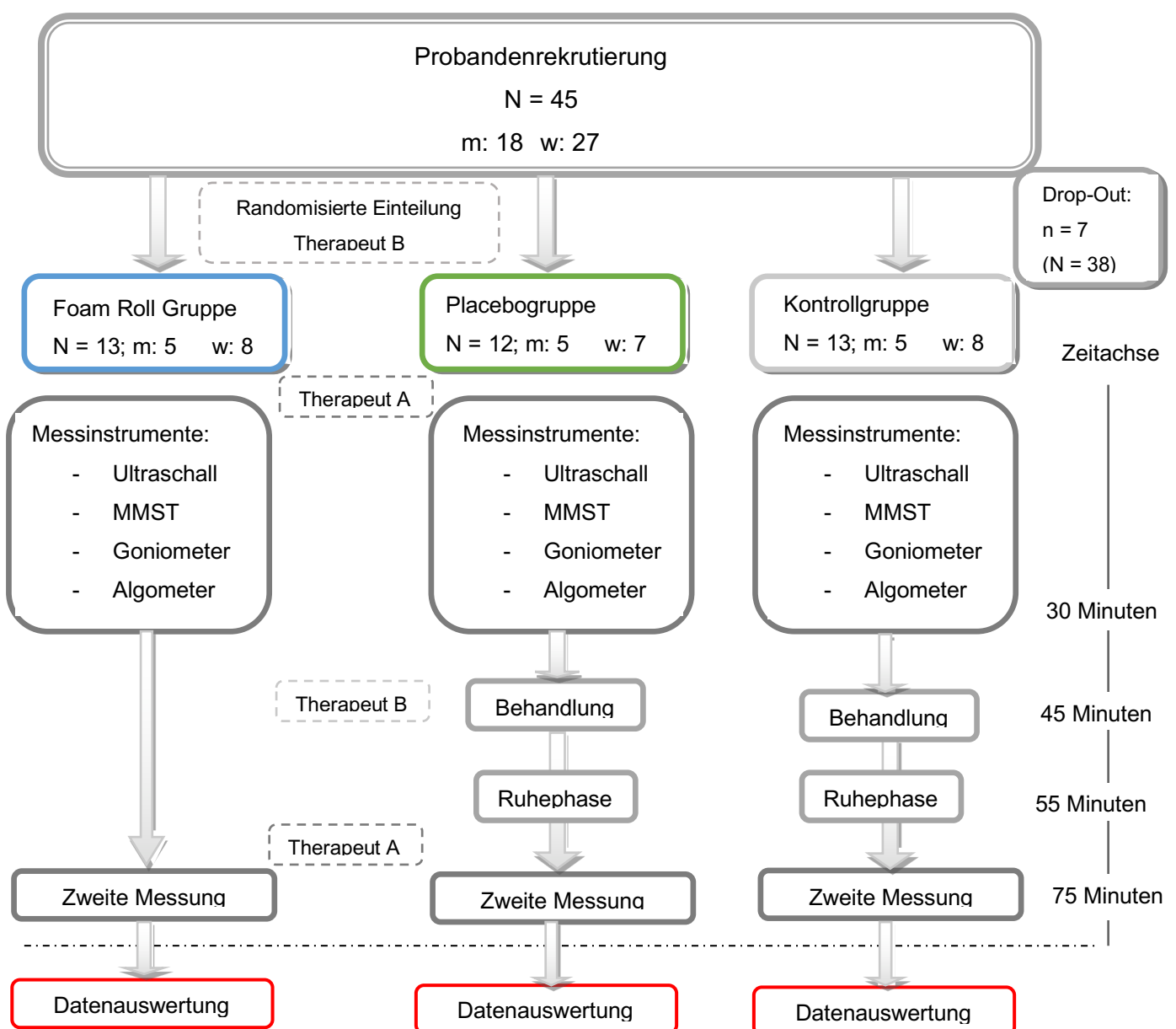
Die Studie wurde mit einer doppelten Verblindung durchgeführt und die Probanden randomisiert den einzelnen Gruppen zugeteilt. Dies bedeutet, dass weder die Probanden selbst, noch Therapeut A, welcher die Messungen durchführte, Kenntnisse über die Gruppenzugehörigkeiten hatten. Damit sollte gewährleistet werden, dass die Messungen nicht, durch das Wissen des Therapeuten über durchgeführte Intervention, beeinflusst werden konnten. Durch die Randomisierung sollten möglichst homogene Gruppen erstellt werden, um aussagefähige Vergleiche zwischen den Werten ziehen zu können.

Zusätzlich wurde in das Studiendesign eine Fallstudie integriert. Zu diesem Zweck wurden zwei Probanden, für einen Zeitraum von vier Wochen, mit einer Foam Roll und den dazugehörigen Übungen ausgestattet. Demnach wurden für die Fallstudie zusätzliche Messwerte nach zwei und vier Wochen erhoben. Durch diese Ergänzung können, neben dem

kurzfristigen Effekt des Foam Rollings, auch mittelfristige oder langfristige Aussagen über die Wirkungen gemacht werden. Nähere Informationen zu der Fallstudie sind aus dem Kapitel 6 zu entnehmen.

Um die Messungen und die Interventionen für die eigentliche Durchführung der Studie zu standardisieren, wurde vor dem Studienbeginn ein Pretest mit zwei Probanden durchgeführt. Durch diese Maßnahme sollten Messfehler minimiert und der Ablauf der Studie verbessert werden. Der Studienaufbau ist im folgenden Überblick dargestellt: (JO)

Abbildung 16: Flussdiagramm zur Studiendurchführung



(Quelle: Eigene Darstellung)

3.2.3 Probanden

Die Probanden dieser Studie sind auf unterschiedlichen Wegen rekrutiert worden. Zunächst wurde ein Flyer entworfen (siehe Anhang Seite 157), der die wichtigsten Informationen bezüglich des Studieninhaltes, die Ein- und Ausschlusskriterien, sowie die Kontaktdaten der Verfasser beinhaltete. Die Verteilung der Flyer erfolgte vier Wochen vor Beginn der Studie, in verschiedenen Einrichtungen im Raum Osnabrück. Dazu zählte neben der Völker-Schule Osnabrück auch die Professor Grewe-Schule.

Um mit dem Flyer auch die Studierenden der Hochschule Osnabrück anzusprechen, wurde dieser als Datei an das Studiensekretariat der Hochschule geschickt. Die Angestellten des Sekretariats haben die Datei anschließend weitergeleitet. Abschließend wurden die Flyer auch bei dem Fußballverein Osnabrücker SV 1916 und den Handballmannschaften der HSG Osnabrück hinterlegt. Damit Interessierte besser informiert werden konnten, wurde zusätzlich zu dem Flyer ein Informationszettel mit weiteren Angaben zur Studierendurchführung, wie zum Beispiel zu den Messinstrumenten, dem Ablauf und der Behandlung erstellt (siehe Anhang Seiten 158 und 159).

Um mit einem nachhaltigen Eindruck für diese Studie zu werben, besuchten die Verfasser dieser Arbeit zudem vereinzelt Klassen der genannten Schulen und die Sportvereine. So konnte individuell auf Fragen und Unklarheiten bezüglich der Studie eingegangen werden. Für die Auswahl der Probanden wurden außerdem Ein- und Ausschlusskriterien erstellt, um die Gruppen nach den spezifischen Studienzielen auszurichten (siehe Tabelle 7). Deshalb wurde das Alter der männlichen und weiblichen Probanden auf 18 bis 30 Jahre festgelegt. Damit ist zum Einen sicher gestellt, dass die Probanden die informierte Zustimmung auch ohne die Einwilligung der Eltern unterschreiben dürfen, zum Anderen wird so die Beschaffenheit des Bindegewebes eingegrenzt. Den Hintergrund dafür lieferten Schleip et al. (2008), indem sie in ihrer Arbeit beschrieben, dass die Dichte an kontraktilen Zellen im Fasziengewebe der FTL im Laufe des Lebens abnimmt. Außerdem ist es möglich, dass sich die wellenförmige Anordnung der kollagenen Fasern im höheren Alter langsam verringert. Eine Veränderung der Faszienbeschaffenheit des menschlichen Körpers ist also mit der Zunahme des Alters zu erwarten und muss daher eingegrenzt werden.

Um den präventiven Aspekt dieser Studie einzuhalten, wurden ausschließlich gesunde Probanden, die zum Zeitpunkt des Studienbeginns weder akute Schmerzen oder Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule noch in anderen Bereichen des Bewegungsapparates hatten, zu der Studie zugelassen. Um dieses Ausschlusskriterium zu erfüllen, muss-

ten die Beschwerden durch einen Arzt erfasst und behandelt sein. In diesem Zusammenhang mussten die Probanden eine Beschwerdefreiheit von mindestens einem Jahr vorweisen.

Zudem wurde vorausgesetzt, dass die Probanden mindestens ein bis zwei Mal pro Woche sportlich aktiv sind. Als Sportaktivität wurde nur die Ausführung einer Sportart, wie zum Beispiel Fußball oder Handball anerkannt. Freizeitaktivitäten, wie Spazieren gehen oder Fahrrad fahren zählten nicht dazu.

Abschließend ist erwähnenswert, dass die Probanden mit dem Foam Rolling noch nicht vertraut sein durften, da die Vermutung besteht, dass bei vorangegangener regelmäßiger Nutzung der Foam Roll der Einfluss auf die Beweglichkeit der FTL wesentlich geringer ausfällt und somit kaum noch ein Effekt festzustellen wäre.

Im nachfolgenden werden die Ein- und Ausschlusskriterien ausführlich beschrieben:

Tabelle 7: Ein- und Ausschlusskriterien der Studie

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Männliche und weibliche Teilnehmer	Chronische Erkrankungen des Bewegungsapparates z.B. Multiple Sklerose
Zwischen 18 und 30 Jahre alt	Medikamenteneinnahme oder Injektionen (Schmerzmedikationen, Antiphlogistika etc.)
Mindestens 1 bis 2 Mal pro Woche sportlich aktiv	vorausgegangene Traumen, Operationen oder andere medizinische Behandlungen der unteren und oberen Extremität, sowie des Rückens im letzten Jahr (z.B. Bandscheibenvorfall, Kreuzbandruptur, Meniskusschaden, Frakturen usw.)
	regelmäßige Nutzung der Foam Roll vor oder nach dem Sport

Ausführung der Ein- und Ausschlusskriterien für die teilnehmenden Probanden
(Quelle: Eigene Darstellung)

Nach Zusendung der Daten der Probanden per E-Mail, erfolgte die Einladung in das Bewegungslabor der Hochschule Osnabrück.

Die genannten Ein- und Ausschlusskriterien wurden bereits im Vorfeld der Studiendurchführung per E-Mail oder Telefon abgeklärt und außerdem am Untersuchungstag mündlich abgefragt. Ursprünglich haben sich 45 Probanden für die Studie angemeldet. Auf Grund der Ausschlusskriterien musste ein Drop-Out von fünf Probanden verzeichnet werden. Außerdem konnten zwei Probanden, die sich per E-Mail auf den Aufruf für die Studie gemeldet hatten, nicht kontaktiert werden. Somit nahmen schlussendlich 38 Probanden an der Studie teil. (JO)

3.2.4 Durchführung der Studie

Nach der Begrüßung der einzelnen Probanden im Bewegungslabor der Hochschule Osnabrück, wurden diese zunächst von Therapeut B kurz über den Ablauf der Studie informiert. Wie bereits erwähnt, wurden die Ein- und Ausschlusskriterien (siehe Kapitel 3.2.3) erneut abgefragt, um Beeinflussungen durch kurzfristige Verletzungen auszuschließen. Anschließend unterschrieben die Probanden die Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie, welche den ethischen Kriterien der informierten Zustimmung entspricht (siehe Anhang Seite 160).

Zusätzlich hat Therapeut B die Größe und das Gewicht der Probanden festgestellt. Dies erfolgte mit Hilfe einer geeichten, handelsüblichen Personenwaage und einem an der Wand befestigten Zollstock. Des Weiteren wurde die durchschnittliche sportliche Aktivität der Probanden, gemessen in Minuten, erfragt und den Daten hinzugefügt. Alle erhobenen Daten sind auf einem Untersuchungsprotokoll festgehalten worden (siehe Anhang Seiten 161 und 162).

Zum Abschluss des Einführungsteils haben die Probanden einen Zettel mit einer Nummer gezogen, wodurch sie randomisiert einer Gruppe zugeteilt wurden. Auch diese Maßnahme erfolgte durch Therapeut B, sodass Therapeut A keine Kenntnis über die Gruppenzugehörigkeit der Probanden erlangte und diesbezügliche Beeinflussungen der späteren Messungen verhindert wurden. In dem Behälter, aus dem die Zettel gezogen wurden, befanden sich 38 Zettel, die je zu einem Drittel ein F für die Foam Roll Gruppe, ein P für die Placebogruppe und ein K für die Kontrollgruppe enthielten. Die Probanden wurden nicht über diese Kennzeichnung der Gruppen informiert, somit blieb ihnen die Gruppenzugehörigkeit unbekannt. Pro Proband wurde ein Zeitraum von circa 75 Minuten für die

gesamte Durchführung einkalkuliert. Im Folgenden wird die weitere Durchführung der Studie beschrieben. (JO)

3.2.4.1 Intervention

Durch die Einteilung in Foam Roll-, Placebo- und Kontrollgruppe, wurden nach dem ersten Messzeitpunkt unterschiedliche Interventionen durchgeführt. Die Interventionen wurden unter Anleitung und Aufsicht von Therapeut B durchgeführt und beinhalten die folgenden Übungen.

Foam Roll Gruppe

In der Foam Roll Gruppe wurden die Übungen mit der Foam Roll so durchgeführt, wie sie von Experten beschrieben werden. Das bedeutet, dass die Probanden die Muskeln, die die FTL potenziell beeinflussen können, unter Einsatz ihres Körpergewichtes, ausrollen. Da in Kapitel 2.4.1 bereits dargestellt wurde, dass Fasern des M. gluteus maximus und des M. latissimus dorsi in die Faszie einstrahlen, zählten nicht nur Anwendung auf dem M. erector spinae, im Bereich der LWS und BWS, sondern auch die Bearbeitung dieser Muskelgruppen zu dem Trainingsprogramm.

Jede Übung wurde für drei Durchgänge á 30 Sekunden durchgeführt. Zwischen den Durchgängen lagen zehn Sekunden Erholungspause, sodass am Ende insgesamt circa 12 Minuten behandelt wurde. Dies entspricht in etwa der Behandlungsdauer von zehn Minuten, die Roylance et al. (2013) in ihrer Studie über die Foam Roll gewählt haben. Als zusätzliche Begründung für die zeitliche Einteilung steht die Aussage von Lukas (2014:31). Diese besagt, dass die einzelnen Muskelgruppen für jeweils 30 Sekunden ausgerollt werden sollten und dieses Vorgehen gegebenenfalls in zwei oder mehr Durchgängen wiederholt werden kann. Hinsichtlich der Geschwindigkeit der Ausführung sollten die Übungen so ausgeführt werden, dass eine fließende Bewegung entsteht.

Durch die Beaufsichtigung und Anleitung von Therapeut B sollten mögliche Fehler vermieden und die Behandlung für jeden Probanden gleich gestaltet werden. Zu diesem Zweck kontrollierte Therapeut B die zeitliche Einhaltung der Übungen mit einer Stoppuhr. Zu Beginn der Übungseinheit erhielten die Probanden eine kleine Einführung in die oben beschriebene Nutzung der Foam Roll, indem Therapeut B die einzelnen Übungen kurz vorführte.

Daraufhin durften die Probanden jede Übung kurz, unter der Korrektur von Therapeut B, testen. Danach bearbeiteten die Probanden die genannten Muskelgruppen in folgender Reihenfolge, für drei Durchgänge á 30 Sekunden:

1. Rollout Glutealmuskulatur, oberflächlich (M. gluteus maximus)
2. Rollout Glutealmuskulatur, intensiv, rechts (M. gluteus maximus et medius et minimus, M. piriformis)
3. Rollout Glutealmuskulatur, intensiv, links (M. gluteus maximus et medius et minimus, M. piriformis)
4. Rollout Seitlicher Rumpf, rechts (M. latissimus dorsi)
5. Rollout Seitlicher Rumpf, links (M. latissimus dorsi)
6. Rollout unterer Rücken (M. erector spinae)
7. Rollout oberer Rücken (M. erector spinae)

Rollout Glutealmuskulatur, oberflächlich (1.)

Die Probanden wurden zunächst dazu angeleitet, sich so auf die Foam Roll zu setzen, dass der gesamte Gesäßbereich mittig auf der Rolle aufliegt. Beide Beine sind bei der

Abbildung 17: Rollout Glutealmuskulatur, oberflächlich



(Quelle: Eigene Darstellung)

Übung angewinkelt, die Füße aufgestellt und die Hände sollten hinter dem Körper leicht abgestützt werden. Aus dieser Ausgangsposition heraus wurden die Probanden aufgefordert, die gesamte oberflächliche Gesäßmuskulatur (M. gluteus maximus) zwischen den Sitzbeinhöckern und dem oberem Beckenkamm, durch vor- und zurückrollen auf der Foam Roll, auszumassieren.

Rollout Glutealmuskulatur, intensiv (2./3.)

Auch bei der intensiven Bearbeitung der Glutealmuskulatur (M. gluteus maximus, medius und minimus, M. piriformis) wurden die Probanden als Erstes dazu aufgefordert, sich mittig auf die Foam Roll zu setzen. Anschließend sollte ein Bein gebeugt und der Unterschenkel auf dem Oberschenkel des anderen Beines abgelegt werden. Zusätzlich sollte das Becken zu der jeweiligen, zu behandelten Seite gedreht werden, um einen höheren Druck auf die Muskulatur zu erzeugen. Somit bearbeiteten die

Abbildung 18: Rollout Glutealmuskulatur, intensiv



(Quelle: Eigene Darstellung)

Probanden jede Gesäßhälfte drei Mal für je 30 Sekunden. Das gebeugte Bein konnte zusätzlich durch eine Hand des Probanden fixiert werden. Ebenso, wie in der vorangegangenen Übung, wurde auch in diesem Fall die gesamte Gesäßmuskulatur vom Ansatz bis zum Ursprung bearbeitet. Nach drei Durchgängen auf einer Seite wiederholten die Probanden den Ablauf auf der anderen Seite.

Rollout seitlicher Rumpf (4./5.)

Für die Bearbeitung des seitlichen Rumpfes und des dort lokalisierten M. latissimus dorsi legten sich die Probanden auf die jeweilig linke oder rechte Seite. Die Foam Roll befand sich zu Beginn der Übung direkt über dem Beckenkamm. Sobald diese Ausgangsposition eingenommen war, leitete Therapeut B die Probanden dazu an, beide Beine leicht anzubeugen. Zum Ausrollen der Muskulatur stützten sich die Probanden mit dem Ellenbogen auf die Unterlage, sodass das Becken angehoben werden konnte. Folgend führten die Probanden eine Rollbewegung vom Beckenkamm bis zum Beginn der Rippen durch.

Abbildung 19: Rollout seitlicher Rumpf



(Quelle: Eigene Darstellung)

Rollout unterer und oberer Rücken (6./7.)

Für das Ausrollen des M. erector spinae, im Bereich der LWS und BWS, wurde der Proband im ersten Schritt dazu aufgefordert, sich auf den Rücken zu legen, die Rolle unter

Abbildung 20: Rollout unterer und oberer Rücken



(Quelle: Eigene Darstellung)

dem Rücken zu platzieren, beide Beine anzubeugen und die Füße auf der Unterlage abzustellen. Zusätzlich sollte der Proband, wenn möglich, die Arme vor dem Oberkörper verschränken. War dies auf Grund einer zu hohen Schmerzintensität nicht möglich, wurde die Übung leicht abgewandelt und der Proband durfte die Hände seitlich vom Körper etwas abstützen.

Auch für diese Übung musste das Becken wieder vom Boden angehoben und in der Luft gehalten werden.

Anders als in der Literatur beschrieben und in Abbildung 20 zu sehen, wurde dieser Übungsteil in zwei Übungen unterteilt. Auf diese Weise wurden drei Durchgänge isoliert für den Bereich der LWS und drei Durchgänge für die BWS durchgeführt. Die Begründung liegt darin, dass das Hauptaugenmerk dieser Studie auf der Behandlung der FTL liegt. Auf Grund der anatomischen Lagebeziehung der Faszie (siehe Kapitel 2.4.1) sollte durch diese Maßnahme die Übungsintensität in diesem Bereich leicht angehoben werden.

Für das Ausrollen des unteren Rückens wurden die Probanden daher aufgefordert, die Rollbewegung vom Beckenkamm bis zu dem Beginn der Rippen auszuführen. Darauf aufbauend sollten die Probanden für die Behandlung des oberen Rückens die Rollbewegung vom Beginn der Rippen bis zwischen die Schulterblätter durchführen.

Die Übungen werden in ähnlicher Art und Weise von Lukas (2012:36ff.) beschrieben, indem für jede Übung jeweils ein Foto der Ausgangs- und Endposition, als Hilfe angegeben wird. Bevor die Probanden zum zweiten Teil der Messungen übergingen wurde ihnen eine kurze Ruhepause von zehn Minuten gewährt. Diese Ruhepause wurde, auf Grund der Ergebnisse von Schleip et al. (2012a) bewusst bestimmt. Diese zeigten, dass sich der Wassergehalt einer Faszie unmittelbar nach einer Dehnung verringert. Nach einer Ruhephase stieg der Wassergehalt jedoch signifikant gegenüber dem Ausgangswert an. Die Ruhephase wurde demnach gewählt, da von einem ähnlichen Effekt durch das Foam Rolling ausgegangen wird.

Um die Verblindung dieser Studie aufrecht zu erhalten und somit dafür zu sorgen, dass Therapeut A kein Wissen über die Gruppenzugehörigkeit und die jeweilige Intervention der Probanden erlangen konnte, wurde die Intervention von Therapeut B in einem Nebenraum durchgeführt.

Placebogruppe

Ebenso wie die Foam Roll Gruppe bekam auch die Placebogruppe eine Behandlung, jedoch wurde diese so abgewandelt, dass kein oder nur ein geringer mechanischer Effekt auf die Körperstrukturen zu erwarten war. Es wurde auf den Behandlungsaufbau, wie in der Foam Roll Gruppe beschrieben, verzichtet. Die Probanden wurden angeleitet, sich jeweils nur kurz auf die Foam Roll zu legen, sodass sie einen leichten Druck verspürten. Dieser Druck entspricht einer Scheinbehandlung, da erwartet wird, dass sich nur durch das Ausrollen der Muskeln und Faszien ein signifikanter Effekt zeigt. Das bereits beschriebene Ausrollen der jeweiligen Faszien- und Muskelstrukturen wurde demnach umgangen.

Auch in dieser Gruppe wurden die vier Bereiche Gesäßmuskulatur, seitlicher Rumpf, unterer Rücken und oberer Rücken scheinbar behandelt, um den Eindruck einer effektiven Behandlung aufrecht zu erhalten. Ebenso wurden die zeitlichen Vorgaben von drei Durchgängen á 30 Sekunden pro Übung eingehalten, um eine Beeinflussung der Messungen durch den Zeitparameter auszuschließen.

Die Ausgangspositionen wurden bei den Übungen ähnlich wie in der Foam Roll Gruppe gewählt. Die Probanden legten sich mit leichtem Druck der jeweiligen Körperstruktur auf die Rolle und lösten den Kontakt nach ein bis zwei Sekunden wieder. Um auch in diesem Fall scheinbar den ganzen Muskulaturbereich zu bearbeiten, veränderte Therapeut B die Lage der Foam Roll zwischen den Druckphasen leicht. Dieser Ablauf sollte dann jeweils für die 30 Sekunden wiederholt werden.

Kontrollgruppe

Die dritte Gruppe dieser Studie stellt die Kontrollgruppe dar. Diese lieferte weitere Vergleichswerte, um aussagekräftige Vergleiche, über die Auswirkungen der Foam Roll auf die Beweglichkeit der Faszie, ziehen zu können. Die Probanden dieser Gruppe erhielten keine Behandlung, sodass 25 Minuten nach der ersten Messung, der zweite Messdurchgang erfolgte. (JO)

3.2.4.2 Messdurchführung

Im Folgenden wird die genaue Durchführung der einzelnen Messungen beschrieben, welche von Therapeut A durchgeführt wurden.

Da die Aufnahmen der Faszienbewegung mit Hilfe des Ultraschalls die Basis für die Untersuchung des primären Ziels dieser Studie darstellen, wurde diese Messung immer als erstes durchgeführt. Danach folgte die Anwendung des MMSTs zur Erfassung der lumbalen Flexionsfähigkeit. Zur Ergänzung dieser Messung wurde im direkten Anschluss die maximale thoracolumbale Flexion mit den digitalen Goniometern gemessen. Den Abschluss jeder Messung bildete die Untersuchung der Mechanosensitivität, der relevanten Muskulatur, mit dem Algometer.

Die Messungen wurden, wie bereits beschrieben, direkt vor und zehn Minuten nach der Intervention durchgeführt. Die Abfolge der Messungen blieb immer gleich. (AG)

3.2.4.2.1 Sonographie

Aufnahmen mit dem Ultraschallgerät wurden genutzt, um die Beweglichkeit der Fascia Thoracolumbalis vor und nach dem Foam Rolling vergleichen zu können. Aus diesem Grund wurde ein Video von der Bewegung der Faszie gemacht, während der Proband eine thoracolumbale Flexion von 30° ausführte, welche mit den Goniometern überprüft wurde. In der vergleichbaren Studie von Langevin et al. (2011) wurde mit Hilfe einer motorisierten Behandlungsliege eine lumbale Flexion von 15° erzeugt, wobei der Drehpunkt der Flexion auf Höhe der Wirbelsäulensegmente von L4 und L5 lag. Da in dem Pretest dieser Studie festgestellt wurde, dass bei einer Flexion von 15° nur eine sehr geringe Bewegung im Ultraschallvideo erkennbar ist, erfolgte der Beschluss, die Flexionsbewegung für die Ultraschallaufnahmen auf 30° auszudehnen. Ein weiterer Grund bestand darin, dass dadurch das Handling für die Messung verbessert werden konnte.

Um die Messung dahingehend zu standardisieren, dass alle Probanden eine thoracolumbale Flexion von 30° durchführten, wurde die Bewegung mit Hilfe der zwei digitalen Goniometer kontrolliert. Diese wurden mit einem klebenden Klettband auf Höhe der Wirbelsäulensegmente von S2 und C7, mittig auf die Wirbelsäule der Probanden aufgeklebt und lotrecht ausgerichtet (siehe Abb. 22 A). In der Studie von Laudner et al. (2013) wurde dieses Prinzip der Messung mit zwei Inklinometern durchgeführt und die Bewegung aus dem Stand heraus ausgeführt. Auf Grund der Tatsache, dass sich das Handling mit der Ultraschallsonde bei Bewegungen der Probanden aus dem Stand heraus sehr schwierig gestaltete, wurde die Vorgehensweise für diese Studie geändert und die Bewegung aus dem

Sitz heraus durchgeführt. Diese Ausgangsstellung verwendeten bereits Watanabe et al. (2004) in ihrer Studie über den Ultraschall, als Assessment zur Analyse der Rückenmuskulatur.

Die Probanden saßen demnach für diese Messung auf einer Behandlungsliege, sodass sie mit den Kniekehlen einen leichten Kontakt zu der Kante der Liege hatten. Sie erhielten dann die Instruktion ihre Hände locker auf die Oberschenkel zu legen, sodass nur ein Kontakt und kein Druck entstand. Während der Ausführung der Rumpfbeugung sollten die Probanden die Ellenbogen am Körper halten. Aus diesem Grund wurden die Ellenbogen zusätzlich mit einem Gurt, distal am Oberarm, am Oberkörper fixiert (siehe Abb. 22 B). Daraufhin überprüfte Therapeut A die Ausgangsposition und markierte die Stellen, an denen die Finger auf den Oberschenkeln auflagen, mit einem wasserlöslichen Farbstift (siehe Abb. 21).

Als nächstes wurden die Probanden angeleitet, das Kinn auf die Brust zu legen, sodass die HWS vollständig flektiert war. Im direkten Anschluss stellte Therapeut A die Goniometer auf „null“ und forderte die Probanden auf ihren Oberkörper langsam zu beugen. Als Orientierungshilfe erhielten die Probanden die Aufforderung, die Stirn lang-

Abbildung 21: Markierung des Bewegungsradius des Probanden bei der Ultraschalluntersuchung



(Quelle: Eigene Darstellung)

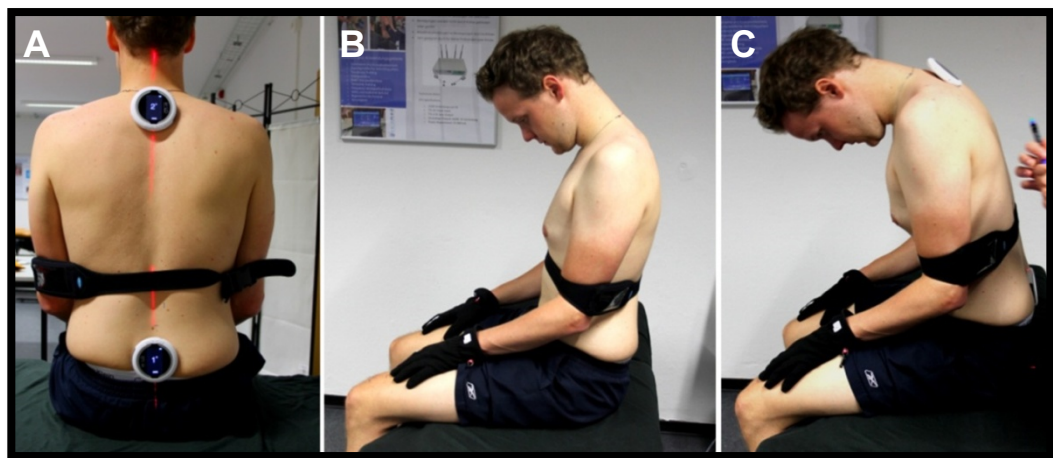
sam Richtung Knie zu bewegen. Durch diese Bewegung des Oberkörpers und die angelegten Ellenbogen schieben sich die Finger bis zu einem gewissen Punkt auf den Oberschenkeln nach vorne. An dem Punkt an dem die subtrahierten Werte der zwei Goniometer eine Flexion von 30° ergaben, wurde die Bewegung gestoppt und erneut durch einen Strich auf den Oberschenkeln markiert (siehe Abb. 21). Es stellte sich als besonders wichtig heraus, dass die Probanden bei der Ausführung der Bewegung die Arme nicht bewegen, sodass das Vorschieben der Hände auf den Oberschenkeln nur aus der Beugung des Rumpfes resultierte. Um die Reibung zwischen Oberschenkeln und Händen zu reduzieren und einen fließenden Bewegungsablauf zu ermöglichen, trugen die Probanden bei der Durchführung zwei Vließhandschuhe. Anderen Falls wären die Messwerte beeinflusst worden, da die Probanden alle eine unterschiedliche Bewegung ausgeführt hätten.

Im nächsten Untersuchungsschritt befestigte Therapeut A die Ultraschallsonde am Rücken der Probanden. Die Ultraschallsonde wurde zwei Zentimeter lateral, rechts neben

der Wirbelsäule, auf Höhe des Wirbelzwischenraumes von L2 und L3 angebracht, um die Bewegung der FTL aufzunehmen. Dieser Punkt wurde ausgewählt, da an dieser Stelle die FTL parallel zum Hautgewebe verläuft und somit die Bewegung am besten aufgenommen werden kann (Langevin et al. 2011). Um sicher zu stellen, dass Therapeut A während der Messung mit der Ultraschallsonde nicht verrutscht, wurde eine Schablone aus Moosgummi angefertigt und diese mit klebendem Klettband an der angegebenen Stelle fixiert (siehe Abb. 23). Therapeut A achtete bei der Aufnahme der Bewegung darauf, dass die Ultraschallsonde immer senkrecht zu dem Gewebe gehalten wurde und der aufgebrachte Druck konstant blieb. Abweichungen dieser Aspekte könnten ebenfalls zu einer Beeinflussung der Messwerte führen.

Um im Anschluss den Clip mit der Faszienbewegung aufzunehmen, erhielt der Proband die Aufforderung, die Flexionsbewegung von 30° ein zweites Mal auszuführen. Als Orientierungshilfe für die Bewegung wurden nun die zwei Markierungen auf den Oberschenkeln genutzt.

Abbildung 22: Ansicht des Probanden bei der Ultraschalluntersuchung



a) ASTE von hinten, b) ASTE seitlich, c) ESTE seitlich
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Probanden nahmen erneut den aufrechten Sitz als Ausgangstellung ein, sodass die Finger an der oberen Markierung auf den Oberschenkeln anlagen. Anschließend beugte der Proband seinen Oberkörper nach vorne, bis seine Finger die untere Markierung auf den Oberschenkeln erreichte. Die Bewegung, die zuvor durch die Messung mit den Goniometern festgelegt wurde, erfolgte somit erneut, identisch ausgeführt und wurde mit dem Ultraschall aufgenommen. Um zu gewährleisten, dass mindestens ein für die Analyse verwertbarer Clip entsteht, wurde diese Messung drei Mal wiederholt und somit drei Clips der Faszienbewegung aufgenommen.

Zusätzlich verwendete Therapeut A ein Metronom, um die Bewegung der Probanden auch hinsichtlich der Geschwindigkeit zu standardisieren. Die Probanden erhielten deshalb die Anweisung, die Bewegung so auszuführen, dass diese nach sechs Schlägen des Metronoms abgeschlossen war. Nachdem die Daten der drei Clips gesichert waren, wurde mit der nächsten Messung fortgefahren. (AG)

Abbildung 23: Positionierung der Ultraschallsonde auf dem Rücken des Probanden



(Quelle: Eigene Darstellung)

3.2.4.2.2 Analyse der Faszienbeweglichkeit mit Hilfe der Cross Correlation Software nach Dr. Andrew Dilley

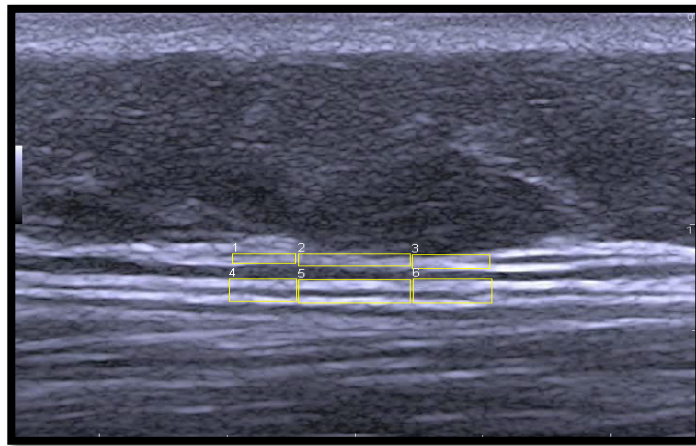
Die Berechnung der Beweglichkeit der FTL, auf der Basis der Ultraschallaufnahmen, erfolgte mit dem Cross Correlation Programm „Motion Analysis 2014 v1“. Bei dieser Software handelt es sich um eine Weiterentwicklung der „Frame by Frame Cross Correlation Software“, welche bereits in mehreren Studien, unter anderem auch von Bachelorabsolventen der Hochschule Osnabrück, genutzt wurde, um die Beweglichkeit von Nerven zu analysieren (Brochwicz et al. 2013, Dilley et al. 2001). Diese Software wurde mit Hilfe der Matlab-Software (MathWorks, Natick, MA, USA) von Dr. Andrew Dilley entwickelt, um fasziale Bewegungen aus Ultraschallaufnahmen berechnen zu können. Auf Grund der Tatsache, dass eine ähnliche Software schon von anderen Bachelorabsolventen genutzt wurde, konnte per E-Mail ein Kontakt zu Dr. Andrew Dilley (University Sussex) hergestellt und die Software beschafft werden.

Dieses Programm berechnet die Beweglichkeit von Geweben nach dem gleichen Prinzip, wie die Frame by Frame Correlation Software, welche in den genannten Studien von Brochwicz et al. (2013) und Dilley et al. (2001) dazu genutzt wurde die longitudinale Beweglichkeit des N. medianus zu analysieren.

Zunächst wurden die Videos in das Programm geladen, sodass die Aufnahmen in einzelne Frames (Einzelbilder) umgewandelt und eingeteilt werden konnten. Danach erfolgte die Integration der Range of Interest (ROI) in die Ultraschallaufnahme. Dabei handelt es sich um Rechtecke, die per Mausklick auf den Teil der Aufnahme gesetzt werden, der hinsichtlich der Bewegung analysiert werden soll. Es ist darauf zu achten, dass die ROIs die gesamte Struktur, in diesem Fall die FTL, abdecken, damit Schwankungen der Messwerte vermieden werden (Dilley et al. 2001). Außerdem ist zu beachten, dass die ROIs nicht über unterschiedliche Gewebe gesetzt werden. Als Orientierung für die Analyse der Bewegung und das Setzen der ROIs diente die Studie von Langevin et al. (2011). Langevin et al (2011) untersuchten in dieser Studie die gegensätzliche Verschiebung der verschiedenen Schichten der FTL, indem die Faszien-schichten in der Analyse des Programms einzeln betrachtet wurden. Anstatt die ROIs über die gesamte Tiefe der FTL zu setzen, wurden diese in Sub-ROIs für die einzelnen Schichten aufgeteilt. Demnach wurden in der vorliegenden Arbeit jeweils drei, eng nebeneinanderliegende ROIs, in der Bildmitte, auf den Bereich der oberen Faszien-schicht und drei ROIs auf den Bereich der unteren Faszien-schicht gesetzt.

Da sich die Faszien-schichten bei der Rumpf-beugung oftmals in gegensätzliche Richtungen verschieben, werden so auch Verzerrungen der Messwerte vermieden. Denn laut Dilley et al. (2001) können gegensätzliche Pixelverschiebungen, innerhalb der ROIs, die Messung der Beweglichkeit nachteilig beeinflussen.

Die vertikale Tiefe der ROIs wurde variiert, da die Faszien-dicke der Probanden sehr unterschiedliche Ausprägungen aufwies. Um trotzdem eine standardisierte Analyse durchführen zu können, wurde die Aufnahme mit den ROIs fotografiert. Dadurch konnten die ROIs in den Videos, die die Faszie nach der Intervention zeigen, an die identischen Stellen gesetzt werden (siehe Abb. 24). Zusätzlich wurde die Frame Rate der Analyse, wie vom Entwickler empfohlen, auf zehn Hertz festgelegt.

Abbildung 24: Darstellung der ROIs zur Faszienanalyse

(Quelle: Eigene Darstellung)

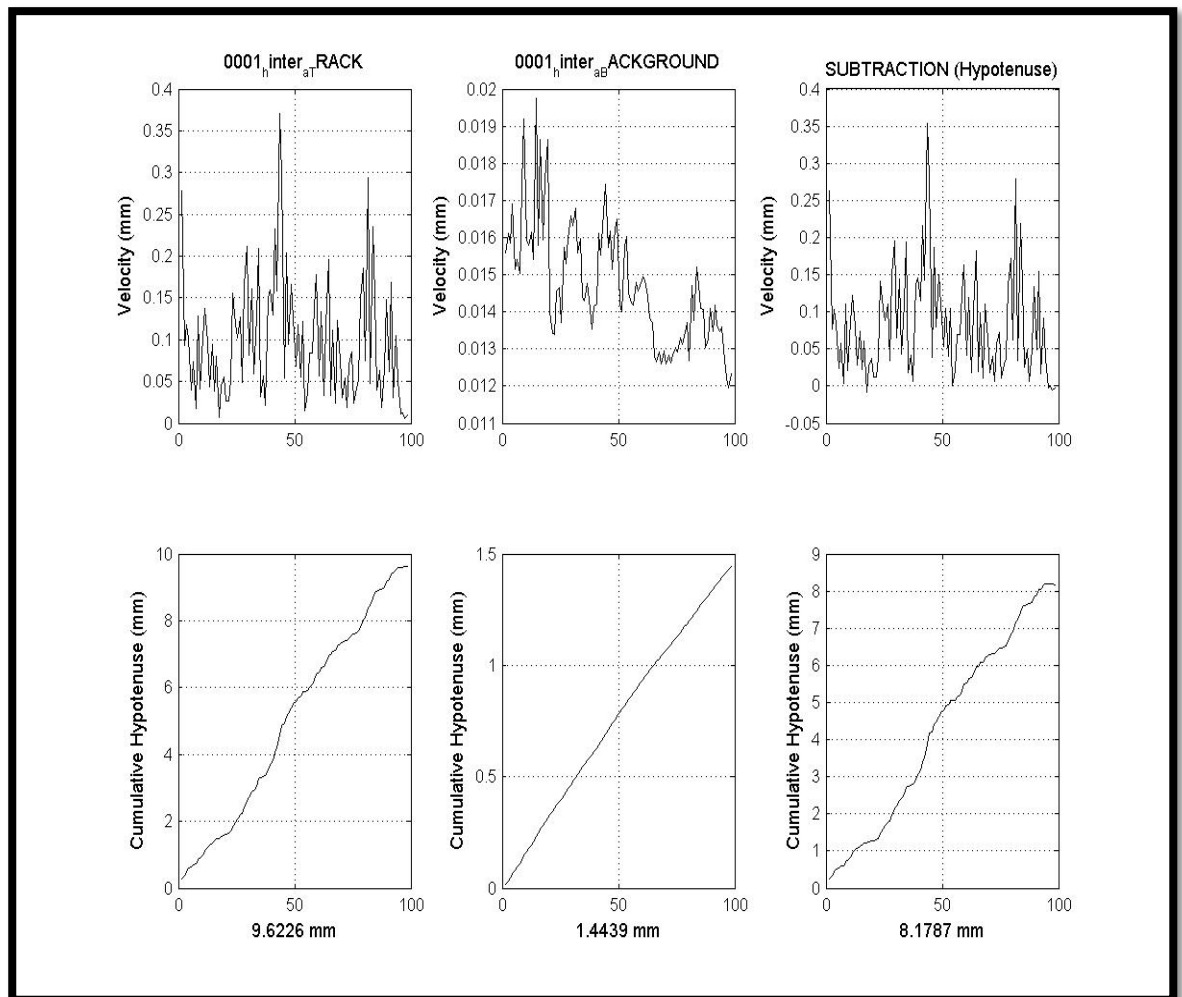
Nachdem das Setzen der ROIs abgeschlossen war, konnte die Berechnung der Faszienbeweglichkeit durchgeführt werden. Das Motion Analysis Programm ermittelt die Werte für die Bewegung der Faszie, indem es jede Pixelverschiebung, die innerhalb der ROIs stattfand, mittels einer Kreuzkorrelation²⁴ zwischen den verschiedenen Frames berechnet (Dilley et al. 2001). Im Gegensatz zu der Frame by Frame Cross Correlation Software, die in vorangegangenen Studien genutzt wurde, berechnet das Motion Analysis Programm sowohl die horizontale, als auch die vertikale Verschiebung der Pixel. Alle Pixelverschiebungen werden im Anschluss gespeichert. Um die Bewegung der Faszie in Millimetern und die Geschwindigkeit der Bewegung zu berechnen, werden die besten Werte aus den gespeicherten Kreuzkorrelationen abgerufen. Gute Werte werden demnach danach beurteilt, ob die Verschiebung der Pixel beständig verläuft und wie hoch die Werte des Korrelationskoeffizienten sind (Dilley et al. 2001). Die besten Werte zweier Frames stellen dann die Bewegung zwischen diesen dar.

Für die Ergebnisse werden die Bewegungen zwischen den einzelnen Frames dann addiert. Sowohl die gesamte Beweglichkeit der Faszie, als auch die isolierte horizontale und vertikale Beweglichkeit werden dargestellt (siehe Abb. 25). Für diese Studie ist besonders der Wert der gesamten Faszienbewegung interessant, welcher unter dem Wert „Cumulative Hypotenuse“ aufgeführt wird. Im Gegensatz zu der Studie von Langevin et al. (2011), in der die Scherbewegung der Faszien-schichten in Prozent angegeben wird, ergibt sich das Endergebnis dieser Arbeit aus der Addition der sechs ROIs, welche in Millimetern angegeben wird.

²⁴ „Berechnung der Pixelverschiebung zweier nebeneinanderliegender Pixel zwischen zwei einzelnen Bilder“ (Dilley et al. 2001)

Eine genaue Anleitung zur Vorgehensweise mit der Motion Analysis Software, zur Messung der Beweglichkeit verschiedener Gewebe, anhand von Ultraschallaufnahmen, ist im Anhang auf den Seiten 171 bis 178 zu finden.

Abbildung 26: Beispiel für ein Endergebnis der Faszienbeweglichkeit



Beispiel für das Endergebnis der Faszienbeweglichkeit berechnet mit der Cross Correlation Software nach Dr. Andrew Dilley
(Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

3.2.4.2.3 Lumbale Flexion

Veränderungen in der lumbalen Flexion wurden mit Hilfe des MMSTs gemessen. Um die Ausgangsstellung einzunehmen, stellten sich die Probanden zunächst aufrecht, mit schulterbreit gespreizten Beinen hin. Die Arme sollten während des gesamten Tests locker neben dem Oberkörper hängen gelassen werden. Daraufhin zeichnete Therapeut A den unteren und oberen Fixpunkt mit einem abwaschbaren Farbstift, an den Probanden ein. Wie bereits beschrieben (siehe Kapitel 3.1.2.2) bildete der Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen der rechten und linken SIPS den unteren Fixpunkt. Der obere Fixpunkt befindet sich 15 cm kranial des unteren Fixpunktes und wurde mit einem Bandmaß abgemessen.

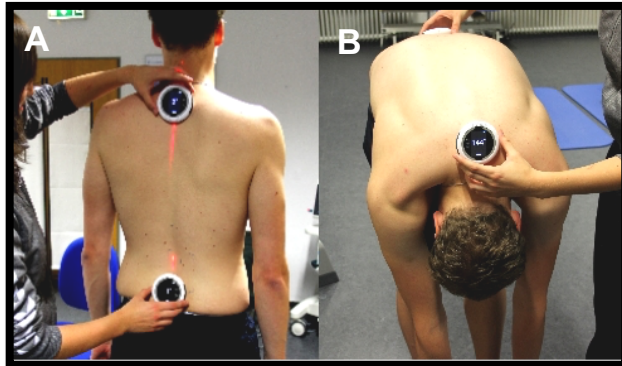
Danach wurden die Probanden dazu aufgefordert, sich, mit gestreckten Knien, maximal nach vorne zu Beugen. Am Ende der Bewegung wurde der Abstand zwischen dem unteren und dem oberen Fixpunkt erneut von Therapeut A gemessen. Um den Wert für die lumbale Flexionsfähigkeit zu erhalten, wurden von diesem Wert die 15 cm des Ausgangswertes abgezogen. Auf Grund der guten Reproduzierbarkeit dieses Tests, wurde dieser nur jeweils ein Mal vor und nach der Intervention durchgeführt. Sehr mobile Probanden führten den Test auf einem Stepper aus. Dadurch konnten auch diese Probanden eine maximale Beugung des Rumpfes ausführen, ohne direkt mit den Händen den Boden zu berühren. Somit wurde auch für diese Fälle eine adäquate Messung gewährleistet. (AG)

3.2.4.2.4 Thoracolumbale Flexion

Die Messung der thoracolumbalen Flexion der Probanden erfolgte mit den digitalen Goniometern. Diese wurden zunächst auf die Referenzpunkte der Dornfortsätze von S2 und C7 angebracht. Diese Referenzpunkte wurden bereits genutzt, um die Flexionsbewegung von 30° für die Ultraschallmessung festzulegen (siehe Kapitel 3.2.4.2.1).

Mit dem Goniometer auf Höhe von S2 wird demnach die Hüftbeugung gemessen und mit dem zweiten Goniometer auf der Höhe von C7 die Flexion der thoracolumbalen Wirbelsäule, inklusive der Hüftbeugung. Daher muss von dem Wert des oberen Goniometers der Wert des unteren Goniometers abgezogen werden, damit die isolierte thoracolumbale Flexion, ohne Hüftbeugung, als Wert betrachtet werden kann. Therapeut A kontrollierte im Anschluss die lotrechte Ausrichtung der Goniometer. Nicht nur die Ausrichtung der Messinstrumente, auch die korrekte Palpation der anatomischen Referenzpunkte war von be-

Abbildung 27: Messung der thoracolumbale Flexion des Probanden



A) ASTE Messung thoracolumbale Flexion
B) ESTE Messung thoracolumbale Flexion
(Quelle: Eigene Darstellung)

sonderer Bedeutung für die Erhebung der Messwerte. Nach dieser Überprüfung bekam der Proband die Anweisung sich erneut aufrecht, die Beine hüftbreit gespreizt, hinzustellen. Nach der Flexion der HWS wurden die Goniometer auf „null“ gesetzt und der Proband beugte sich maximal nach vorne. In der Endposition wurden die beiden Werte voneinander subtrahiert.

Die Subtraktion der Werte ergab das

Endergebnis für die maximale thoracolumbale Flexion.

Auf Grund der gemachten Erfahrung aus dem Pretest, wurde diese Messung jeweils drei Mal durchgeführt, um die beobachtete Varianz der Werte zu verringern. Sehr bewegliche Probanden führten auch diese Messung auf einem Stepper aus. Zum Abschluss der Messung wurde der Mittelwert den drei Durchgängen ermittelt und in die Daten aufgenommen. (AG)

3.2.4.2.5 Mechanosensitivität

Zum Abschluss der Messungen wurde die Mechanosensitivität der behandelten Muskulatur gemessen. Die Punkte für diese Messung wurden nach dem anatomischen Bezug zur FTL und der Lage bestimmter mTrPs ausgewählt. Auf Grund des anatomischen Bezugs zur FTL wurden Triggerpunkte der Mm. multifidii, des M. longissimus thoracis und des M. latissimus dorsi ausgewählt. Die Messung erfolgte jeweils im Seitenvergleich. Die Mm. multifidii und der M. longissimus thoracis wurden ausgewählt, da sie zu den Muskelgruppen des M. erector spinae zählen (Gautschi 2013:258), welcher von der FTL umgeben ist (Willard et al. 2012, Gautschi 2013:288). Der M. latissimus dorsi wurde zusätzlich als Messpunkt ausgewählt, da dieser mit seinen Muskelfasern in die FTL einstrahlt (Benjamin 2009). Die Lage der Punkte wurde nach den von Gautschi benannten mTrPs definiert und ausgewählt. Bei den ausgewählten Punkten handelt es sich um Stellen in der Muskulatur, an denen erfahrungsgemäß häufig mTrPs zu finden sind. Dies bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass jeder Proband an diesen Stellen mTrPs aufweist (Gautschi 2013:152).

Die Stelle, die aufgesucht wurde, um die Mechanosensitivität der Mm. multifidii zu testen, wurde als Stelle direkt rechts und links neben dem Dornfortsatz von L5 definiert (Gautschi 2013:258). Der Untersuchungspunkt des M. longissimus thoracis lag lateral des Dornfortsatzes von L1. Um diesen Aufzufinden, suchte Therapeut A zunächst den Dornfortsatz von L1 auf und übte den Druck anschließend 3 cm lateral davon aus (Gautschi 2013:258). Für die Untersuchung dieser vier Punkte lagen die Probanden in Bauchlage auf der Behandlungsliege. Die Arme der Probanden lagen dabei neben dem Körper, um die Spannung der Muskulatur zu reduzieren.

Damit der Triggerpunkt des M. latissimus dorsi möglichst sicher palpiert werden konnte, begaben sich die Probanden in die jeweilige Seitenlage. Dieser Punkt wurde schlussendlich so definiert, dass er 3 cm lateral des Margo lateralis der Scapula, auf der Höhe des Angulus inferior, palpiert werden konnte (Gautschi 2013:170).

Vor dem Test der einzelnen Druckpunkte forderte Therapeut A die Probanden auf ein Zeichen zu geben, sobald sich der Druck, der über das Algometer aufgebracht wurde, in ein Schmerzgefühl verwandelt (Fischer 1987, Antonaci et al. 1998). Daraufhin setzte Therapeut A das Algometer senkrecht auf den beschriebenen Punkt auf und erhöhte langsam den Druck. Damit der Proband im Voraus ein Gefühl für diese Messung erhielt, wurde ein Testdurchgang auf der Muskulatur der Extensorengruppe am Unterarm durchgeführt. Zu dem Zeitpunkt an dem der Proband das Zeichen gab, wurde das Algometer sofort abgesetzt und der Wert abgelesen. Dieser spiegelt den Druck wieder, der nötig ist, um an diesem Punkt einen Schmerz zu erzeugen. Da im Pretest eine leichte Varianz der Werte zu beobachten war, wurde beschlossen pro Messpunkt drei Messwerte aufzunehmen. Aus diesen wurde wiederum der Mittelwert gebildet und den Daten hinzugefügt. (AG)

3.3 Ethische Gesichtspunkte

Für eine experimentelle Studie am Patienten ist es besonders wichtig, auch ethische Aspekte zu berücksichtigen.

Aus diesem Grund wurde vor dem Beginn der Durchführung ein Antrag für das Screening-Verfahren der Ethikkommission der Hochschule Osnabrück ausgefüllt. Auf diesem Wege wurde überprüft, ob alle wichtigen ethischen Kriterien einer experimentellen Studie in dieser Arbeit beachtet werden. Das Formular befindet sich im Anhang auf den Seiten 163 bis 170.

Einen wichtigen Aspekt stellt dabei die Aufklärung der Probanden über den genauen Ablauf der Studie, insbesondere über mögliche Belastungen und Risiken der Intervention, dar. Deshalb wurde, zusätzlich zu dem Flyer für die Probandenrekrutierung, ein erweiterter Informationszettel mit näheren Informationen zu den Messinstrumenten und Interventionen der Studie, an die Probanden geschickt. Demnach sollte mit dieser Maßnahme abgesichert werden, dass alle Probanden gut über die Inhalte der Studie informiert sind.

Des Weiteren hat jeder Proband vor Beginn der Messungen eine Einverständniserklärung (siehe Anhang Seite 160) unterschrieben, die besagt, dass er freiwillig an der Studie teilnimmt, über alle Inhalte der Durchführung informiert ist und über die Datenschutzbestimmungen aufgeklärt wurde.

Außerdem konnten die Probanden jederzeit ihre Teilnahme an der Studie, ohne Angabe eines Grundes, zurück ziehen.

Im Verlauf der Studiendurchführung wurde zudem besonders Wert darauf gelegt, dass die Gesundheit der Probanden zu keinem Zeitpunkt gefährdet war.

Ein zusätzlicher, wichtiger Aspekt bestand darin, jedem Probanden das gleiche Recht auf die „richtige“ Behandlung mit der Foam Roll zu gewähren. Deshalb wurde allen Probanden der Placebo- und der Kontrollgruppe angeboten, die regulären Übungen mit der Foam Roll, im Anschluss an den zweiten Messdurchlauf auszuprobieren. (JO)

3.4 Statistik und Datenauswertung

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit der Version 22 des Softwareprogramms IBM SPSS Statistics. Zunächst wurden die Daten in das Programm eingegeben und aufbereitet. Die Daten der Probanden wurden ihren Kennziffern von 1 bis 38 zugeordnet. Anschließend wurde dem Datensatz die Variable „Gruppen“ hinzugefügt, sodass die Daten der Probanden durch diese Kennzahl ergänzt wurden. Die Daten der Probanden der Foam Roll Gruppe wurden mit der Zahl 1 gekennzeichnet, Probanden aus der Placebogruppe mit der Zahl 2 und Teilnehmer der Kontrollgruppe mit der Zahl 3. Nach der Eingabe der Werte wurden alle Werte auf ihre Richtigkeit überprüft und stark abweichende Werte erneut analysiert. Um einen Überblick über die Daten zu erlangen wurden die Werte der einzelnen Messinstrumente mit Hilfe von Boxplots und Histogrammen dargestellt und betrachtet.

Nach der Aufbereitung der Daten erfolgte die Datenauswertung. Im ersten Schritt wurden die demographischen Daten der Probanden überprüft, um gegebenenfalls Unterschiede zwischen den Gruppen aufzudecken. Zu diesem Zweck erfolgte mit Hilfe der deskriptiven

Statistik die Berechnung von Mittelwerten, Maximum und Minimum, sowie der Standardabweichungen für das Alter, die Sporttätigkeit, die Größe, das Gewicht und den BMI der Probanden.

Da der Datensatz aus drei verschiedenen Gruppen besteht, ergab sich die Möglichkeit eine Varianzanalyse für die weitere Auswertung der Daten zu nutzen. Diese Überlegung wurde jedoch bei genauer Betrachtung der Hypothesen (siehe Kapitel 2.6) wieder verworfen. Die Varianzanalyse lässt ohnehin nur eine Aussage darüber zu, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen besteht. Es kann jedoch keine Aussage darüber gemacht werden, zwischen welchen Gruppen dieser Unterschied besteht (Rasch et al. 2010b:2). Aus diesem Grund wurde schließlich der t-Test für den Vergleich der Daten zwischen den Gruppen herangezogen.

Es erfolgten sowohl t-Tests für verbundene Stichproben, um einen Vorher-Nachher-Vergleich innerhalb der einzelnen Gruppen herzustellen, als auch Vergleiche der Veränderung zwischen den Gruppen mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben. Um einen Vergleich der Veränderungen zwischen den drei Gruppen herstellen zu können wurden zunächst die Differenzen der einzelnen Messwerte vor und nach den Interventionen erhoben und ebenfalls in das Programm eingetragen.

Demnach wurden für den Vergleich der Veränderungen mit dem t-Test folgende Gruppenvergleiche hergestellt:

- Foam Roll Gruppe x Placebogruppe
- Foam Roll Gruppe x Kontrollgruppe
- Placebogruppe x Kontrollgruppe

Die t-Tests für die genannten Gruppenvergleiche wurden mit allen Daten der einzelnen Messungen durchgeführt (Rasch et al. 2010a:44f.).

Zur Überprüfung der Daten hinsichtlich der Normalverteilung, als Voraussetzung für die Berechnung der t-Tests, wurde im Vorfeld immer der Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S-Test) berechnet. Ergab der K-S-Test kein signifikantes Ergebnis, lag eine Normalverteilung der Daten vor, sodass der t-Test berechnet werden konnte (Rasch et al. 2010a:60). Um die zweite Voraussetzung für den t-Test, die Varianzhomogenität zwischen den betrachteten Gruppen, zu überprüfen, wurde der Levene-Test durchgeführt (Rasch et al. 2010a:60). Stellte sich heraus, dass keine Normalverteilung der Daten und/oder keine Varianzhomogenität für den t-Test für unabhängige Stichproben gegeben war, wurde der

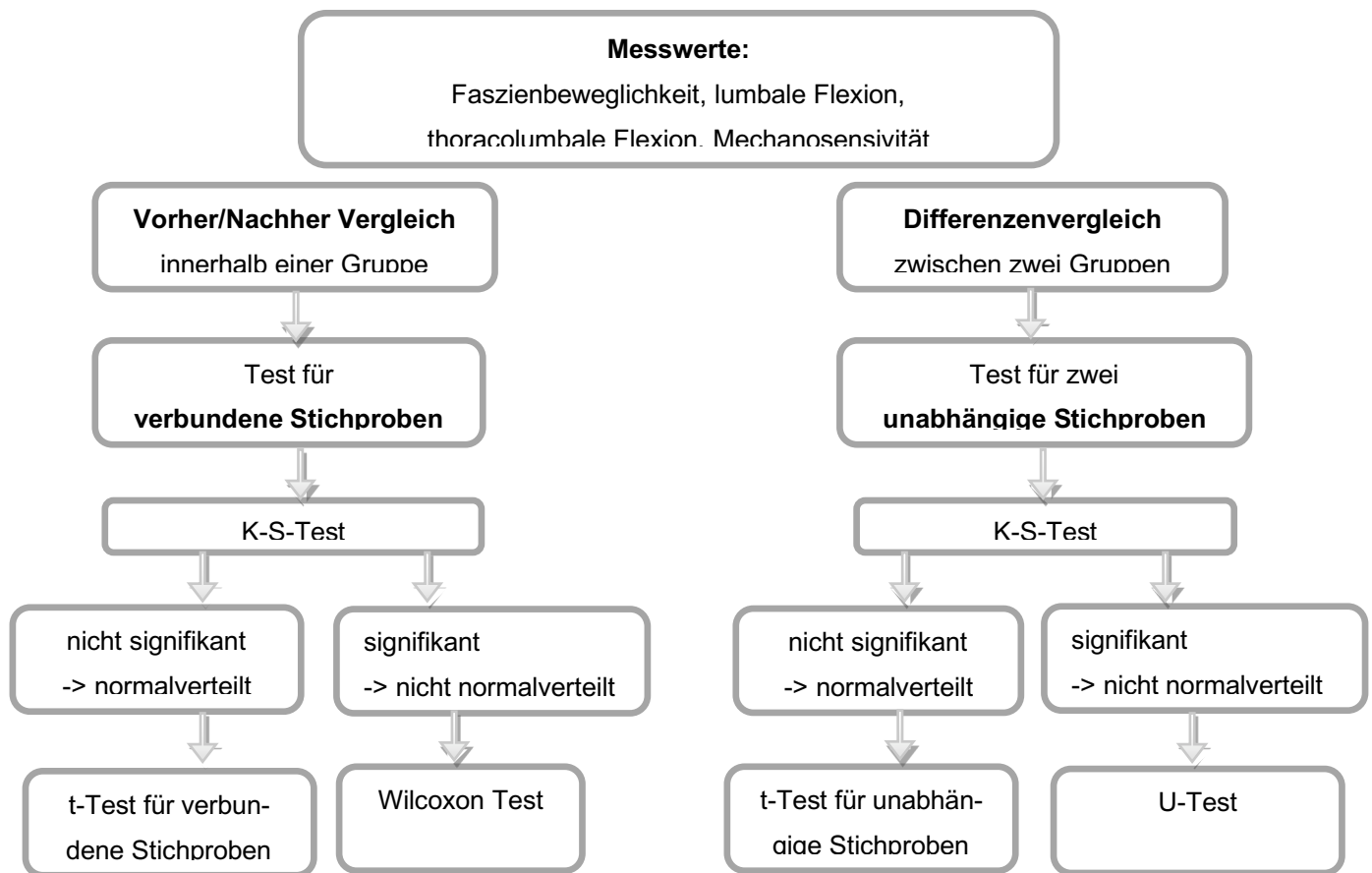
Mann-Whitney-U-Test (U-Test) genutzt, um den Vergleich der Daten zu berechnen (Rasch et al. 2010b:144f.). Für den Fall, dass die Voraussetzungen für den t-Test für verbundene Stichproben nicht erfüllt wurden, diente der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (Wilcoxon-Test) als Alternative (Rasch et al. 2010b:161).

Um die klinische Relevanz für statistisch signifikante Ergebnisse zu verdeutlichen, wurde in Fällen, in denen signifikante Unterschiede errechnet wurden, zusätzlich die Effektstärke nach Cohen (d) berechnet. Mit dieser Kennzahl kann eine Aussage darüber getroffen werden, wie groß der festgestellte Effekt ist und ob dieser klinisch relevant ist. Demnach weist eine Effektstärke zwischen $d=0,2 - 0,5$ auf einen kleinen Effekt, eine Effektstärke zwischen $d=0,5 - 0,8$ auf einen mittleren und eine Effektstärke von $d>0,8$ auf einen großen Effekt hin (Rasch et al. 2010a:68, zitiert nach Cohen 1988).

Das Signifikanzniveau für alle Test wurde auf $p=0,05$ festgelegt. Die Ergebnisse für die einzelnen Messungen sind in Kapitel 4 dargestellt. Das genaue Vorgehen, im Hinblick auf die jeweilige Testauswahl, kann anhand von Abbildung 28 eingesehen werden.

Bezüglich der grafischen Darstellung der Ergebnisse ergaben sich je nach Normalverteilung der Daten unterschiedliche Methoden. Bei normalverteilten Daten wurde ein Balkendiagramm mit Angabe der T-Linie für die Standardabweichung erstellt. Waren die Daten dagegen nicht hinreichend normalverteilt, wurde ein Boxplot-Diagramm erstellt. Informationen über die Normalverteilung der Daten können im Anhang ab Seite 179 eingesehen werden.

Abbildung 28: Flussdiagramm zur statistischen Datenanalyse der randomisierten, kontrollierten, Studie



(Quelle: Eigene Darstellung)

Zusätzlich sind in Tabelle 8 die Maßeinheit, der Datentyp, sowie das Messniveau der Daten der vier Messinstrumente aufgeführt. (AG)

Tabelle 8: Eigenschaften der erhobenen Daten

Daten	Messinstrument/ Maßeinheit	Datentyp	Messniveau
Cross Correlation Analyse	mm	numerisch	intervallskaliert
MMST	cm	numerisch	intervallskaliert
Goniometrie	Grad	numerisch	intervallskaliert
Algometrie	kg/cm ²	numerisch	intervallskaliert

Die auszuwertenden Daten mit der angegebenen Maßeinheit, sowie der Skalierung und Messniveau
(Quelle: Eigene Darstellung)

4. Ergebnisse

Im folgenden Teil dieser Arbeit sind die Ergebnisse der statistischen Auswertung dargestellt. Die Ergebnisse sind nach den Messinstrumenten gegliedert worden. (JO)

4.1 Probanden (deskriptive Statistik)

Im Verlauf der Studie sind insgesamt 38 Probanden untersucht und entsprechend der jeweiligen Intervention behandelt worden. Davon befanden sich 13 Teilnehmer in der Foam Roll Gruppe, 12 in der Placebogruppe und wiederum 13 in der Kontrollgruppe.

Das durchschnittliche Alter lag bei 23,34 Jahren. Dabei betrug die Standardabweichung (SD) 2,58 Jahre, wobei der jüngste Proband 19 Jahre und der älteste Proband 30 Jahre alt war.

Bezüglich der Körpergröße war der kleinste Proband 1,54 m groß, wohingegen der größte Proband eine Körpergröße von 1,99 m aufwies. Die Durchschnittsgröße lag bei 1,76 m mit einer SD von 0,09 m.

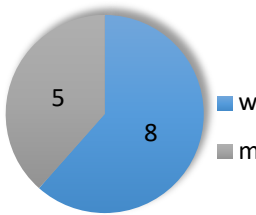
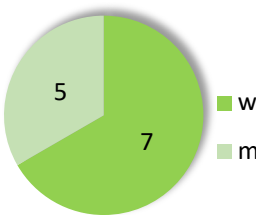

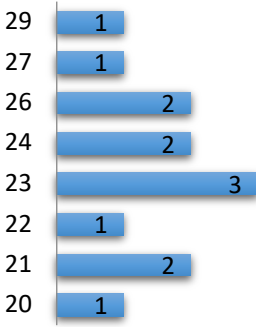
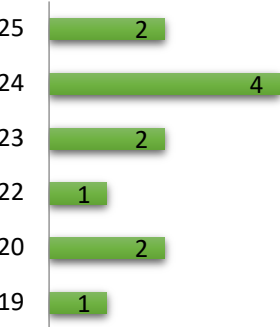
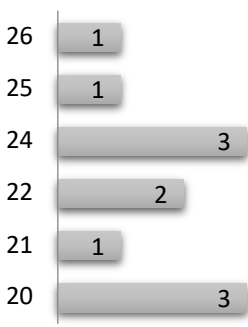
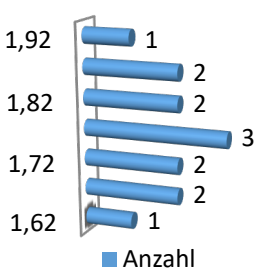
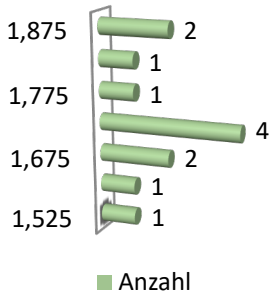
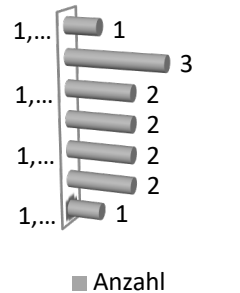
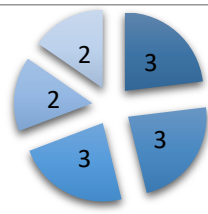

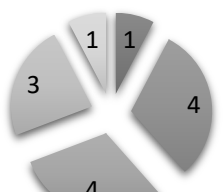
Im Hinblick auf das Gewicht der Probanden zeigte sich ein Mittelwert von 72,58 kg (SD=11,17 kg). Der geringste Wert betrug 53,4 kg und der höchste Wert lag bei 98,0 kg.

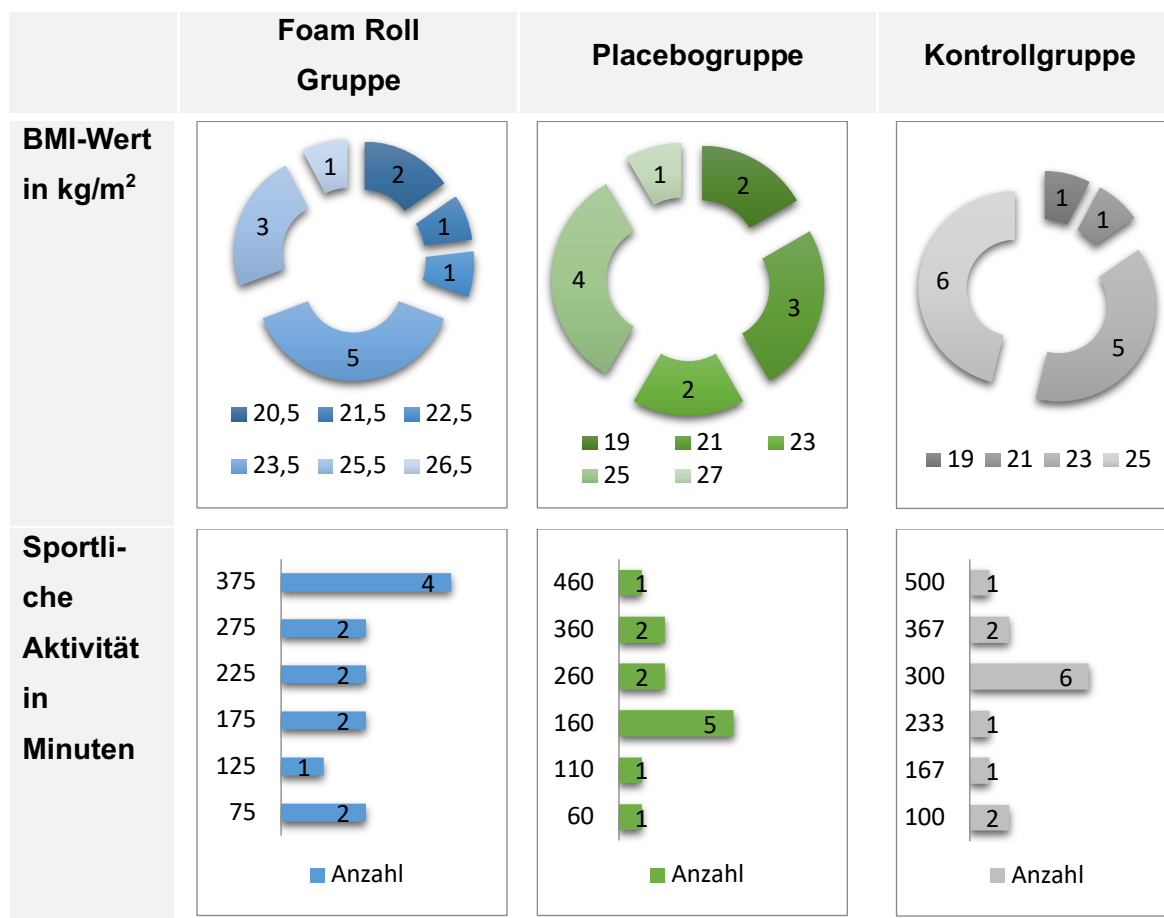
Der Body-Mass-Index (BMI) der Probanden zeigte einen durchschnittlichen Wert von 23,18 kg/m² mit einer SD von 2,14 kg/m². Der geringste BMI lag bei 18,7 kg/m² und der höchste BMI bei 27,43 kg/m².

Hinsichtlich der sportlichen Aktivität der Probanden wurde ein Durchschnittswert von 244,47 Minuten/Woche ermittelt. Diese Werte beinhalten eine SD von 107,09 Minuten. Das Minimum lag in diesem Fall bei 60 Minuten/Woche und das Maximum bei 500 Minuten/Woche.

In der folgenden Tabelle 9 werden die Vergleiche der drei Gruppen, in Bezug auf die einzelnen Kriterien Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht, BMI und sportliche Aktivität, grafisch dargestellt.

Tabelle 9: Vergleich der deskriptiven Daten der Probanden

	Foam Roll Gruppe	Placebogruppe	Kontrollgruppe
Ge- schlecht	 <p>■ w ■ m</p>	 <p>■ w ■ m</p>	 <p>■ w ■ m</p>
Alter	 <p>■ Anzahl</p>	 <p>■ Anzahl</p>	 <p>■ Anzahl</p>
Körper- größe in cm	 <p>■ Anzahl</p>	 <p>■ Anzahl</p>	 <p>■ Anzahl</p>
Gewicht in kg	 <p>■ 62,5 ■ 67,5 ■ 77,5 ■ 82,5 ■ 87,5</p>	 <p>■ 52,5 ■ 57,5 ■ 62,5 ■ 67,5 ■ 77,5</p>	 <p>■ 55 ■ 65 ■ 75 ■ 85 ■ 95</p>



Tabellarische Aufführung zum Vergleich der Gruppen hinsichtlich der angegebenen deskriptiven Werten.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Der Vergleich der Gruppen, hinsichtlich der demographischen Daten, zeigte, dass keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die Variablen Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht, BMI und sportliche Aktivität, zwischen den drei Gruppen besteht. Dies ist mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben berechnet worden, da eine Normalverteilung der Daten vorlag. Die p-Werte für die Altersverteilung lagen zwischen 0,293 und 0,785. Hinsichtlich der sportlichen Aktivität lagen die p-Werte in einem Bereich von 0,291 und 0,641. Ebenso gab es keine signifikanten Unterschiede bei der Verteilung von Größe ($p=0,14 - 0,655$), Gewicht ($p=0,185 - 0,865$) und BMI ($p=0,421 - 0,801$).

Neben den demographischen Daten, gab es ebenso keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Ausgangswerte der einzelnen Messinstrumente zwischen den drei Gruppen. In diesem Fall wurde je nach Normalverteilung der Daten mit dem t-Test für unabhängige Stichproben oder dem U-Test gerechnet.

Der Vergleich der Ausgangswerte der Faszienbeweglichkeit wies p-Werte von 0,261 bis 0,82 auf. Für die Ausgangswerte der lumbalen Flexion konnten p-Werte von

0,528 bis 0,799 ermittelt werden. Die p-Werte für den Vergleich der thoracolumbalen Flexion lagen bei der Ausgangsmessung in einem Bereich von 0,233 bis 0,988. Ebenso gab es keine signifikanten Unterschiede bei den Ausgangswerten der Mechanosensitivität, da die p-Werte in einem Bereich von 0,19 bis 0,988 lagen.

Aus diesen aufgeführten p-Werten lässt sich schließen, dass es hinsichtlich der Outcomes keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen zu Beginn der Untersuchung gab. (JO)

4.2 Faszienbeweglichkeit (Cross Correlation nach Dr. Andrew Dilley)

H1: Es gibt **einen** signifikanten Unterschied in den, durch das Foam Rolling begünstigten, Veränderungen der Beweglichkeit der Fascia Thoracolumbalis, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse zur Analyse der Faszienbeweglichkeit der FTL dargestellt.

Zunächst wurden die Daten der Gruppen darauf geprüft, ob eine hinreichende Normalverteilung vorlag. Die Überprüfung ergab, dass nur die Ausgangswerte der Kontrollgruppe nicht hinreichend normalverteilt waren. In diesem Fall ergab der K-S-Test eine Signifikanz von $p=0,01$. Die übrigen Daten, die diese Messung betreffen, wichen mit p-Werten zwischen 0,062 und 0,2 nicht signifikant von der Normalverteilung ab. Auch die errechneten Differenzen zwischen den Ausgangs- und Endwerten der Ultraschallaufnahmen wiesen keine signifikante Abweichung von der Normalverteilung auf ($p=0,2$).

Anschließend wurde untersucht, welche Veränderungen die einzelnen Interventionen der Gruppen, hinsichtlich der Faszienbeweglichkeit, hervorrufen. Auf Grund der Ergebnisse des K-S-Tests erfolgte der Vorher-Nachher-Vergleich für die Foam Roll Gruppe und die Placebogruppe mit einem t-Test für verbundene Stichproben. Für die Kontrollgruppe wurde dagegen der Wilcoxon-Test genutzt.

Des Weiteren wurden die Differenzen der Faszienbeweglichkeit zwischen den drei Gruppen verglichen. Die Berechnung des Unterschiedes zwischen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe erfolgte mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben. Für den Vergleich zwischen der Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe, sowie für den Vergleich zwischen Placebogruppe und Kontrollgruppe wurde der U-Test berechnet.

Für signifikante Ergebnisse wurde zusätzlich die Effektstärke (d) berechnet.

Die folgende Tabelle 10 stellt die Mittelwerte (M) und die dazugehörigen Standardabweichungen (SD) der einzelnen Gruppen, in Bezug auf die beiden Messungen der Faszienbeweglichkeit, dar. Ebenso sind der Tabelle die Differenzen zwischen den Werten vor und den Werten nach der Intervention, sowie der Signifikanzwert (p-Wert) zu entnehmen.

Die Ausgangswerte der Faszienbeweglichkeit in der Foam Roll Gruppe (1) lagen im Durchschnitt bei 4,1955 mm. Die Beweglichkeit stieg nach der Intervention mit der Foam Roll auf einen durchschnittlichen Wert von 5,987 mm an.

Im Gegensatz dazu, zeigten die Placebogruppe (2) und die Kontrollgruppe (3) kleinere Veränderungen in der Faszienbeweglichkeit. In der Placebogruppe konnte ein durchschnittlicher Anstieg von 0,1681 mm festgestellt werden, während die Kontrollgruppe im Mittel nur einen Anstieg von 0,0139 mm aufwies.

Außerdem konnte eine Effektstärke von $d=0,756$ für die Veränderungen in der Foam Roll Gruppe ermittelt werden (Rasch et al. 2010:68, zitiert nach Cohen 1988).

Tabelle 10: Vorher-Nachher-Vergleich der Faszienbeweglichkeit

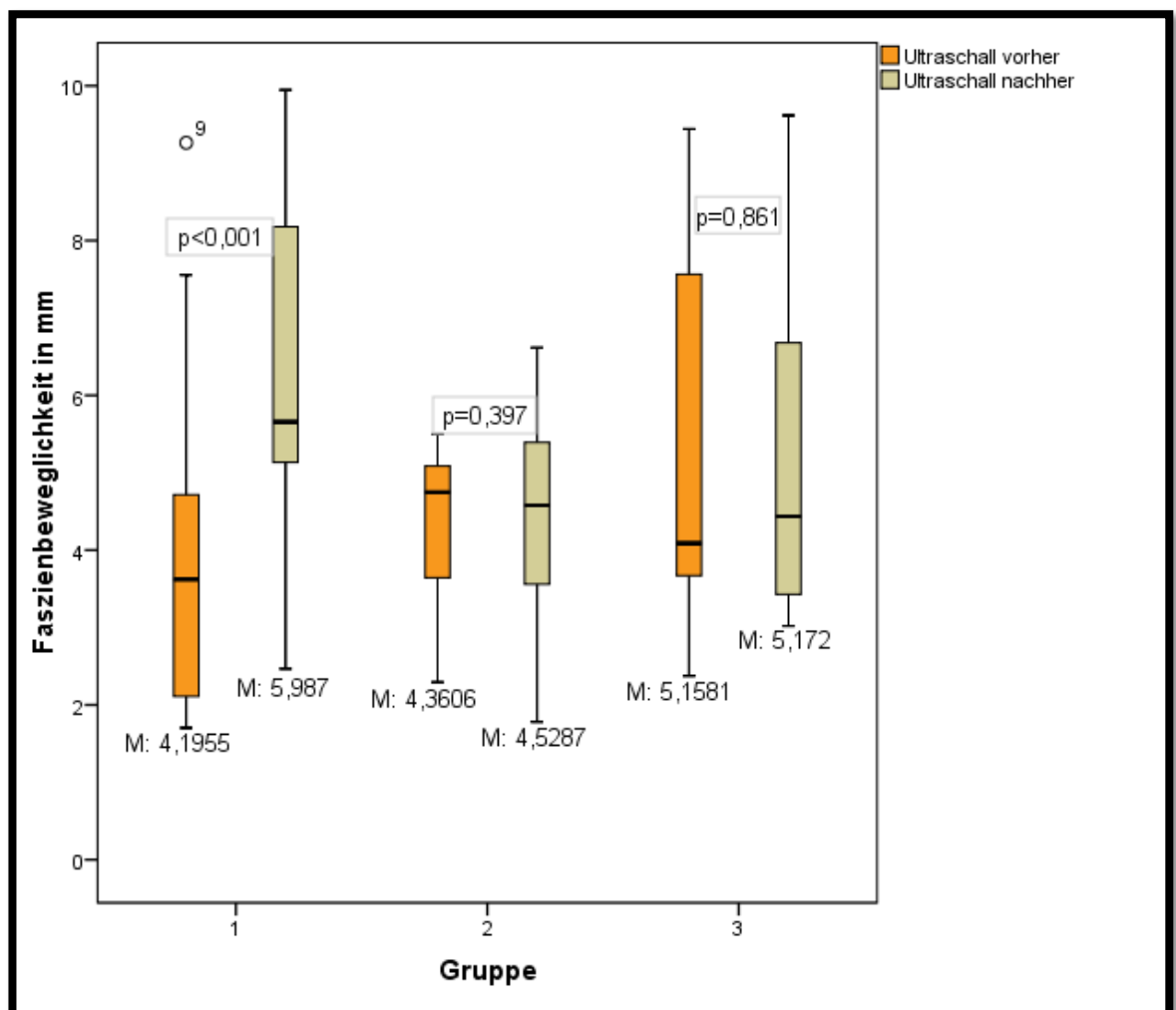
Sonographie		Vorher-Nachher-Vergleich in mm			
Gruppe	Vorher Mittelwert	Nachher Mittelwert	Differenz	p-Wert	Effekt- stärke
Foam Roll Gruppe	4,1955 (SD=2,3573)	5,987 (SD=2,3874)	1,7915	$p<0,001$	$d=0,756$
Placebogruppe	4,3606 (SD=0,9952)	4,5287 (SD=1,3501)	0,1681	$p=0,397$	X
Kontrollgruppe	5,1581 (SD=2,244)	5,172 (SD=2,1572)	0,0139	$p=0,861$	X

Tabellarische Ausführung der Ergebnisse zur Faszienbeweglichkeit (mm), berechnet mit der Cross Correlation Software nach Dr. Andrew Dilley. Die Werte stellen den Vorher-Nachher-Vergleich der einzelnen Gruppen dar und sind mit den Differenzen, p-Werten und Effektstärke angegeben.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die grafische Darstellung (siehe Abb. 29) zeigt den Vorher-Nachher-Vergleich der Faszienbeweglichkeit, innerhalb der drei Gruppen, in einem Boxplot-Diagramm. Die Unterschiede sind mit dem jeweiligen p-Wert angegeben. Die x-Achse zeigt die drei Gruppen und die y-Achse stellt die Faszienbeweglichkeit in Millimetern dar.

Die festgestellte Zunahme der Faszienbeweglichkeit in der Foam Roll Gruppe (1), zwischen den beiden Messzeitpunkten, stellte sich mit $p < 0,001$ als hoch signifikant heraus. Im Gegensatz dazu waren die Veränderungen der Placebogruppe (2) ($p = 0,397$) und der Kontrollgruppe (3) ($p = 0,861$) nicht signifikant.

Abbildung 29: Boxplot-Diagramm - Vorher-Nachher-Vergleich der Faszienbeweglichkeit



Boxplot-Diagramm zu dem Vorher-Nachher-Vergleich innerhalb der Gruppen, bezüglich der Faszienbeweglichkeit (mm). Dargestellt sind die p-Werte, Mittelwerte (M), sowie der entsprechende Median.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Aus Tabelle 11 können die Mittelwerte und die Standardabweichungen der errechneten Veränderungen, bezüglich der Faszienbeweglichkeit, entnommen werden. Demnach sind in diesem Fall die Veränderungen zwischen den beiden Messzeitpunkten, für die drei Gruppen angegeben und zwischen diesen verglichen worden. Der p-Wert stellt die Signifikanz der Unterschiede zwischen den drei Gruppen dar.

Sowohl der Vergleich zwischen den Differenzen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe ($p=0,001$), als auch der Vergleich der Differenzen zwischen der Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe ($p<0,001$), wies auf hoch signifikante Unterschiede zwischen diesen Gruppen hin. Die Differenzen der Kontrollgruppe, verglichen mit der Placebogruppe, zeigten dagegen mit einem p-Wert von 0,575 keinen signifikanten Unterschied.

Im Bezug auf die Effektstärke (d) zeigte sich für den Vergleich zwischen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe einen Wert von $d=1,54$ und für den Vergleich zwischen der Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe einen Wert von $d=1,692$.

Tabelle 11: Veränderungen der Faszienbeweglichkeit verglichen zwischen den Gruppen

Sonographie Differenzen in mm Vergleich zwischen den Gruppen

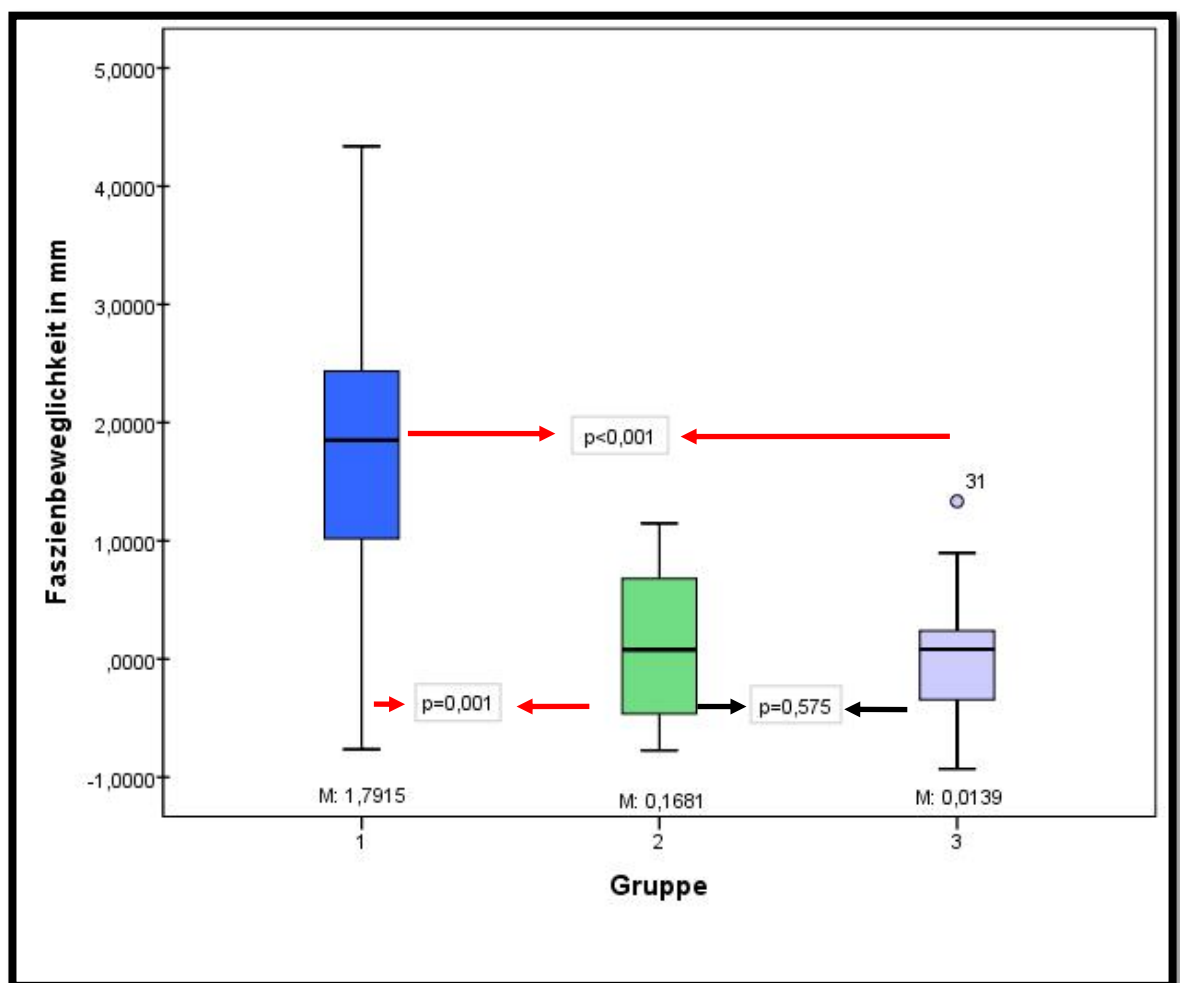
Foam Roll Gruppe Mittelwert	Placebogruppe Mittelwert	p-Wert	Effektstärke
1,7915 (SD=1,3152)	0,1681 (SD=0,6601)	$p=0,001$	$d=1,54$
Foam Roll Gruppe Mittelwert	Kontrollgruppe Mittelwert	p-Wert	Effektstärke
1,7915 (SD=1,3152)	0,0139 (SD=0,6909)	$p<0,001$	$d=1,692$
Placebogruppe Mittelwert	Kontrollgruppe Mittelwert	p-Wert	Effektstärke
0,1681 (SD=0,6601)	0,0139 (SD=0,6909)	$p=0,575$	X

Tabellarische Ausführung der Differenzen der Faszienbeweglichkeit (mm) zwischen den Gruppen. Es sind die Mittelwerte, mit den dazugehörigen Standardabweichung und dem ermittelten p-Wert, sowie der Effektstärke angegeben.

(Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 30 stellt die Unterschiede der Veränderungen in der Faszienbeweglichkeit zwischen den drei Gruppen in einem Boxplot-Diagramm dar. Die x-Achse zeigt die drei Gruppen und die y-Achse die durchschnittlichen Differenzen in der Faszienbeweglichkeit, die sich aus dem Vergleich der Werte vor der Intervention, mit denen nach der Intervention ergaben. Anhand der Grafik können die in Tabelle 11 aufgeführten Mittelwerte und p-Werte abgelesen werden.

Abbildung 30: Boxplot-Diagramm - Veränderungen der Faszienbeweglichkeit verglichen zwischen den Gruppen



Boxplot-Diagramm zu dem Vergleich der Differenzen in der Faszienbeweglichkeit (mm) zwischen den Gruppen. Dargestellt sind sowohl die angegebenen p-Werte, die Mittelwerte (M), sowie der Median.

(Quelle: Eigene Darstellung)

(JO)

4.3 Lumbale Flexion

H2: *Es gibt **einen** signifikanten Unterschied im Hinblick auf die Veränderungen der lumbalen Flexion nach dem Foam Rolling, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.*

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des MMSTs, der zur Messung der Veränderungen in der maximalen lumbalen Flexion genutzt wurde, dargestellt.

Im ersten Schritt der Ergebnisanalyse erfolgte die Überprüfung der Werte, im Hinblick auf eine hinreichende Normalverteilung. Die Ergebnisse des K-S-Tests zeigten, dass die Ausgangswerte und die Werte, die direkt nach der Intervention erhoben wurden, eine hinreichende Normalverteilung aufweisen. Für diese Werte lagen die Signifikanzen zwischen $p=0,061$ und $p=0,2$.

Alle errechneten Differenzen, zwischen den Ausgangswerten und den Endwerten des MMSTs, waren dagegen mit asymptotischen Signifikanzen von $p=0,009$ (Foam Roll Gruppe), $p=0,022$ (Placebogruppe) und $p=0,007$ (Kontrollgruppe) nicht hinreichend normalverteilt.

Im nächsten Schritt konnte die Signifikanz der Veränderungen, die sich im Verlauf der Studie für jede Gruppe gezeigt hatte, berechnet werden. Um die Werte des MMSTs vor der Intervention mit denen nach der Intervention zu vergleichen, wurde für jede der drei Gruppen ein t-Test für verbundene Stichproben durchgeführt.

Abschließend erfolgte die Untersuchung der Veränderungen des MMSTs, hinsichtlich eines Unterschiedes zwischen den drei Gruppen. Da diese Daten nicht hinreichend normalverteilt waren, wurde jeweils mit dem U-Test gerechnet.

In Tabelle 12 sind die Veränderungen der lumbalen Flexion, die sich zwischen den Messzeitpunkten gezeigt haben, angegeben. Aus der Tabelle können die Mittelwerte der lumbalen Flexion für beide Messzeitpunkte und die dazugehörigen Standardabweichungen entnommen werden. Die durchschnittliche Differenz der Veränderungen, sowie die Signifikanzen, dargestellt mit dem p-Wert, sind ebenfalls für jede Gruppe angegeben.

Es zeigten sich Veränderungen in der lumbalen Flexion zwischen den Messzeitpunkten. Die Foam Roll Gruppe wies einen Anstieg von durchschnittlich 0,0077 cm auf, während die Placebogruppe einen durchschnittlichen Anstieg von 0,0333 cm zeigte. Die Kontrollgruppe zeigt dagegen eine Reduktion der lumbalen Flexion von durchschnittlich -0,0077 cm. Im Hinblick auf den ermittelten Minimal Detectable Change (MDC) des MMSTs von einem Zentimeter (Tousignant et al. 2005) können diese Differenzen nicht als nennenswerte Veränderungen bezeichnet werden.

Tabelle 12: Vorher-Nachher-Vergleich der Werte des MMSTs innerhalb der Gruppen

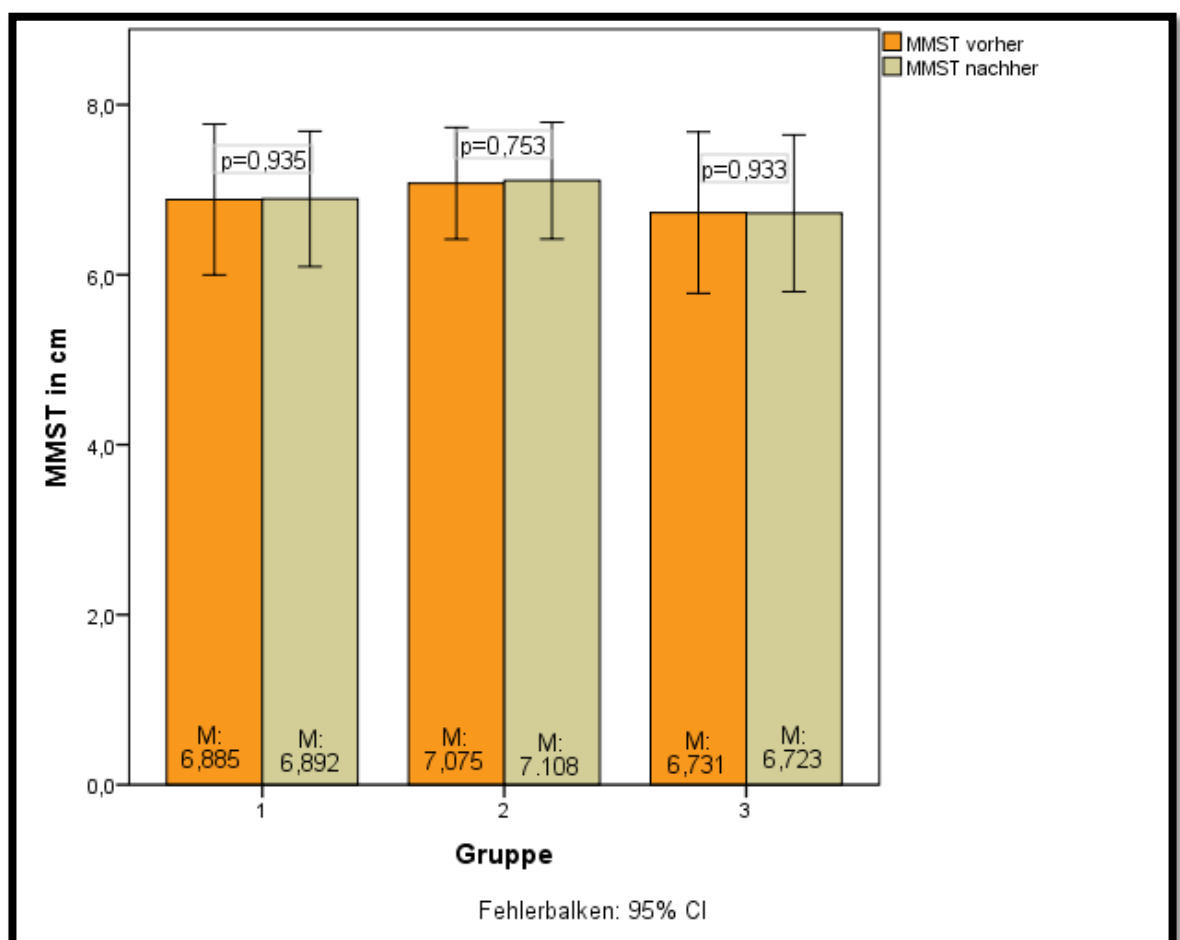
MMST		Vorher-Nachher-Vergleich in cm		
Gruppe	Vorher Mittelwert	Nachher Mittelwert	Differenz	p-Wert
Foam Roll Gruppe	6,885 (SD=1,4673)	6,892 (SD=1,3194)	0,0077	p=0,935
Placebogruppe	7,075 (SD=1,0358)	7,108 (SD=1,0808)	0,0333	p=0,753
Kontrollgruppe	6,731 (SD=1,5702)	6,723 (SD=1,5282)	-0,0077	p=0,933

Tabellarische Ausführung der Ergebnisse des MMSTs (cm). Die Werte stellen den Vorher-Nachher-Vergleich der einzelnen Gruppen dar und sind mit den Differenzen und den p-Werten angegeben.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Abbildung 31 stellt den Vergleich der lumbalen Flexion, vor und nach der Intervention, gemessen mit dem MMST, grafisch dar. Mit Hilfe des Balkendiagramms kann für jede Gruppe ein Vergleich der Werte abgelesen werden. Die Balken der Grafik sind mit den entsprechenden Mittelwerten und p-Werten für die Vorher-Nachher-Vergleiche versehen. Die x-Achse zeigt die drei Gruppen und die y-Achse die Mittelwerte der Gruppen für den MMST, gemessen in Zentimetern.

Es ist zu sehen, dass sich weder in der Foam Roll Gruppe, noch in den übrigen beiden Gruppen signifikante Veränderungen in der maximalen lumbalen Flexion gezeigt haben. Die Verbesserung der lumbalen Flexion in der Foam Roll Gruppe ergab eine asymptotische Signifikanz von $p=0,935$. Die Veränderungen der Placebogruppe und der Kontrollgruppe wiesen einen p-Wert von 0,753 und 0,933 auf.

Abbildung 31: Balkendiagramm - Vorher-Nachher-Vergleich der Werte des MMSTs innerhalb der Gruppen



Balkendiagramm zu dem Vorher-Nachher-Vergleich innerhalb der Gruppen, bezüglich des MMSTs (cm). Dargestellt sind die p-Werte, Mittelwerte (M), sowie der entsprechende Median.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die folgende Tabelle 13 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der entstanden Veränderungen für jede der drei Gruppen. Es sind Vergleiche zwischen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe, zwischen der Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe, sowie zwischen der Placebogruppe und der Kontrollgruppe dargestellt. Eine Signifikanz der Vergleiche zwischen den Gruppen kann an den dazugehörigen p-Werten abgelesen werden. Der Vergleich zwischen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe war mit $p=0,728$ ebenso nicht signifikant, wie der Vergleich zwischen der Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe, mit einem p-Wert von 0,724. Auch der Unterschied zwischen der Placebogruppe und der Kontrollgruppe war nicht signifikant ($p>0,999$).

Tabelle 13: Veränderungen der Werte des MMSTs verglichen zwischen den Gruppen

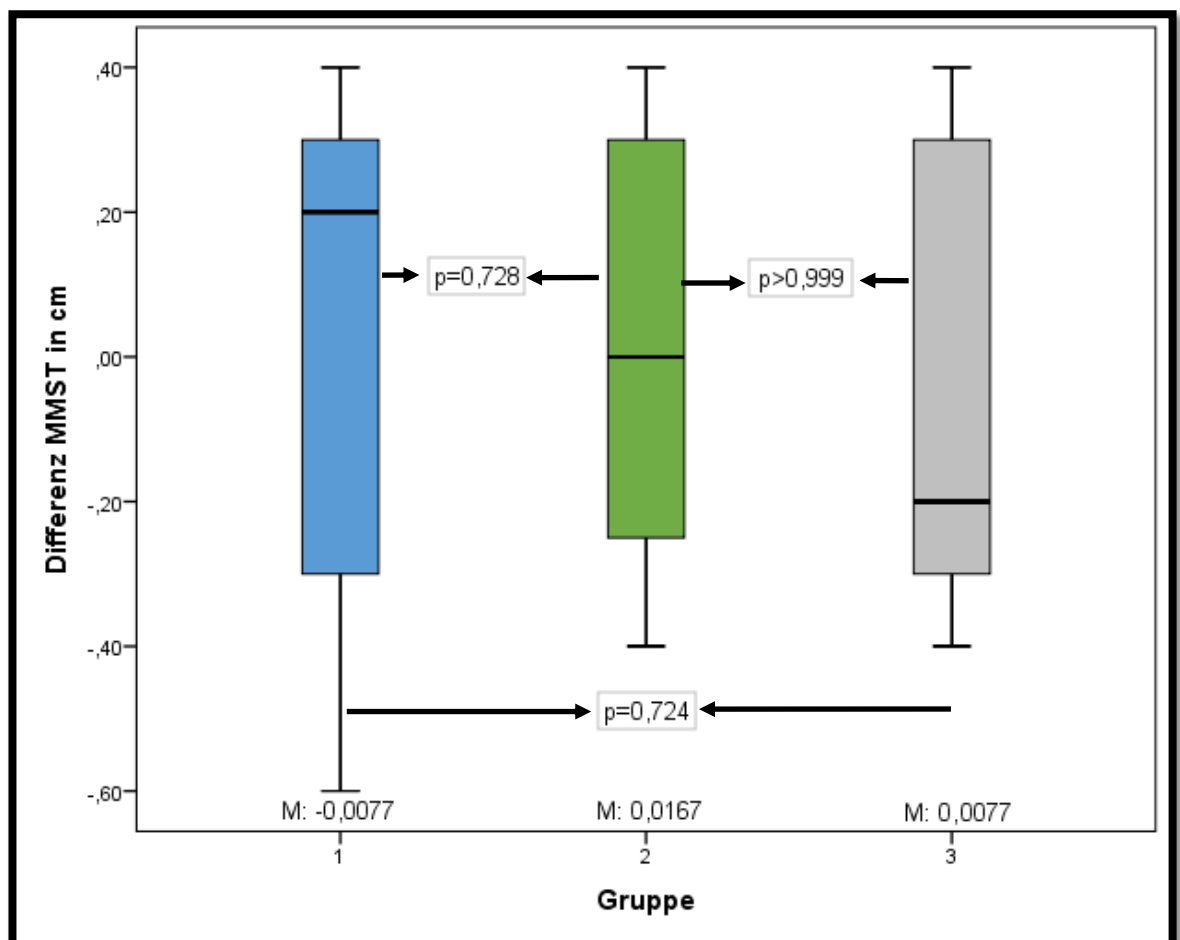
MMST Differenzen in cm Vergleich zwischen den Gruppen			
	Foam Roll Gruppe Mittelwert	Placebogruppe Mittelwert	p-Wert
	-0,0077 (SD=0,3328)	0,0167 (SD=0,3040)	$p=0,728$
	Foam Roll Gruppe Mittelwert	Kontrollgruppe Mittelwert	p-Wert
	-0,0077 (SD=0,3328)	0,0077 (SD=0,3227)	$p=0,724$
	Placebogruppe Mittelwert	Kontrollgruppe Mittelwert	p-Wert
	0,0167 (SD=0,3040)	0,0077 (SD=0,3227)	$p>0,999$

Tabellarische Ausführung der Differenzen des MMSTs (cm) zwischen den Gruppen. Es sind die Mittelwerte, mit den dazugehörigen Standardabweichung und dem ermittelten p-Wert angegeben.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 32 verdeutlicht die Veränderungen der lumbalen Flexion im Vergleich zwischen den drei Gruppen. Es sind sowohl die Mittelwerte der Differenzen als auch die Signifikanzen der Gruppenvergleiche angegeben. Die x-Achse zeigt die drei Gruppen und die y-Achse die Differenzen in den Werten des MMSTs in Zentimetern.

Die bildliche Darstellung der Werte aus Tabelle 13 verdeutlicht den nicht signifikanten Unterschied, hinsichtlich der Veränderungen der lumbalen Flexion, zwischen den drei Gruppen.

Abbildung 32: Boxplot-Diagramm - Veränderungen der Werte des MMSTs verglichen zwischen den Gruppen



Boxplot-Diagramm zu dem Vergleich der Differenzen der Werte des MMSTs (cm) zwischen den Gruppen. Dargestellt sind sowohl die angegebenen p-Werte, die Mittelwerte (M), sowie der Median. (Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

4.4 Thoracolumbale Flexion

H3: *Es gibt **einen** signifikanten Unterschied in den Veränderungen der thoracolumbalen Flexion nach dem Foam Rolling, verglichen mit einer Placebo- und Kontrollgruppe.*

Im nachstehenden Kapitel werden die Ergebnisse der thoracolumbalen Flexion aufgeführt.

Auch in diesem Fall wurde zu Beginn der K-S-Test angewandt, um die Daten auf eine Normalverteilung zu testen. Aus dieser Berechnung ergab sich ein nicht signifikantes Ergebnis ($p=0,2$) für alle Daten der thoracolumbalen Flexion. Daraus kann geschlossen werden, dass alle Daten hinreichend normalverteilt waren.

Auf Grund der Normalverteilung dieser Daten wurde für den Vorher-Nachher-Vergleich innerhalb der Gruppen der t-Test für verbundene Stichproben berechnet. Für den Vergleich der Veränderungen, im Verlauf der Studie, zwischen den drei Gruppen wurde demnach der t-Test für unabhängige Stichproben genutzt.

Der Vergleich der maximalen thoracolumbalen Flexion zwischen den Messzeitpunkten ist in Tabelle 14 aufgezeigt. Die Veränderungen der thoracolumbalen Flexion im Verlauf der Studie wurden durch die Differenzen aufgezeigt und mit einem p-Wert belegt.

Es wurde festgestellt, dass die Werte des zweiten Messzeitpunktes in allen Gruppen größer sind als die Ausgangswerte. In der Foam Roll Gruppe zeigte sich eine durchschnittlicher Anstieg der maximalen thoracolumbalen Flexion von 1,6412°. In der Placebogruppe wurde eine durchschnittliche Veränderung von 2,3058° beobachtet und in der Kontrollgruppe eine Veränderung von 0,8333° gemessen.

Tabelle 14: Vorher-Nachher-Vergleich der thoracolumbalen Flexion innerhalb der Gruppen

Thoracolumbale Flexion	Vorher-Nachher-Vergleich in Grad			
	Vorher Mittelwert	Nachher Mittelwert	Differenz	p-Wert
Foam Roll Gruppe	90,8203 (SD=14,0227)	92,4615 (SD=12,9003)	1,6412	p=0,378
Placebogruppe	89,7497 (SD=16,519)	92,0556 (SD=18,1603)	2,3058	p=0,477
Kontrollgruppe	97,2692 (SD=12,7953)	98,1026 (SD=12,9195)	0,8333	p=0,78

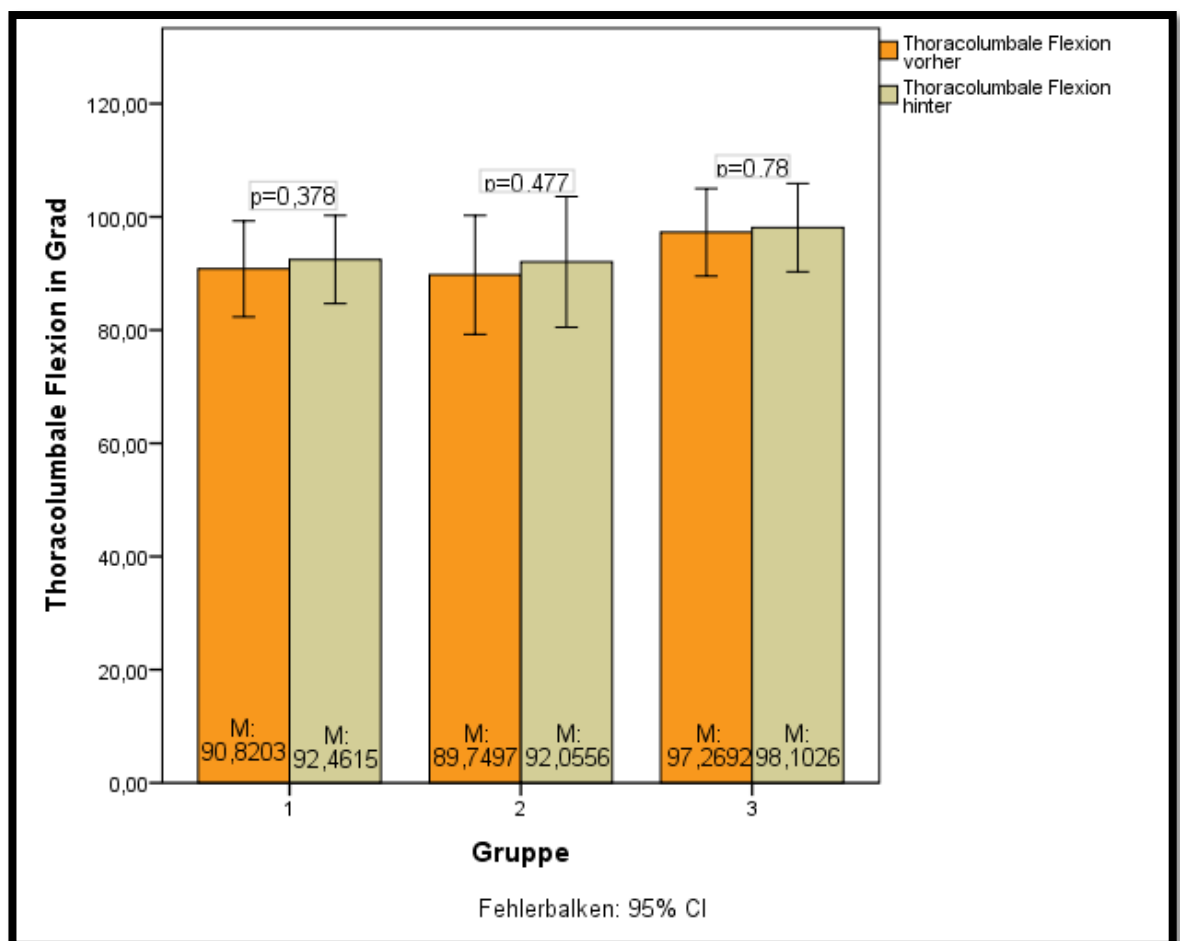
Der Vorher-Nachher-Vergleich innerhalb der Gruppe bezüglich der thoracolumbalen Flexion (in Grad). Es sind sowohl die Mittelwerte (M), mit den dazugehörigen Standardabweichungen, die Differenzen, sowie der p-Wert angegeben.

(Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 33 sind die Veränderungen zwischen den zwei Messzeitpunkten, hinsichtlich der thoracolumbalen Flexion, grafisch dargestellt. Es werden die Mittelwerte, sowie die Signifikanzen aufgeführt. Auf der x-Achse sind die drei Gruppen dargestellt und auf der y-Achse wird die thoracolumbale Flexion in Grad aufgezeigt.

Die Veränderungen in der Foam Roll Gruppe konnten mit einem p-Wert von 0,378 belegt werden. In der Placebogruppe wurde ein p-Wert von 0,477 und in der Kontrollgruppe ein Wert von $p=0,78$ errechnet. Da sich diese p-Werte oberhalb des Signifikanzniveaus von $p=0,05$ befinden, liegen keine signifikanten Unterschiede im Vergleich der Mittelwerte, zwischen den beiden Messzeitpunkten vor.

Abbildung 33: Balkendiagramm - Vorher-Nachher-Vergleich der thoracolumbalen Flexion innerhalb der Gruppen



Balkendiagramm zu dem Vorher-Nachher-Vergleich innerhalb der Gruppe bezogen auf die thoracolumbale Flexion (angegeben in Grad). Dargestellt sind die p-Werte, die Mittelwerte (M), mit dazugehöriger Standardabweichung, sowie der Median.
(Quelle: Eigene Darstellung)

In der folgenden Tabelle 15 ist aufgezeigt, wie signifikant die Veränderungen der einzelnen Gruppen voneinander abweichen. Es sind wiederum Mittelwert, Standardabweichung und p-Wert angegeben. Der Vergleich zwischen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe ergab eine asymptotische Signifikanz von $p=0,714$ und der Vergleich zwischen der Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe einen p-Wert von $0,697$. Der Vergleich der Differenzen zwischen der Placebogruppe und der Kontrollgruppe war mit $p>0,999$ ebenfalls nicht signifikant. Demnach gibt es keine Unterschiede, hinsichtlich der Veränderungen der thoracolumbalen Flexion, zwischen den Gruppen.

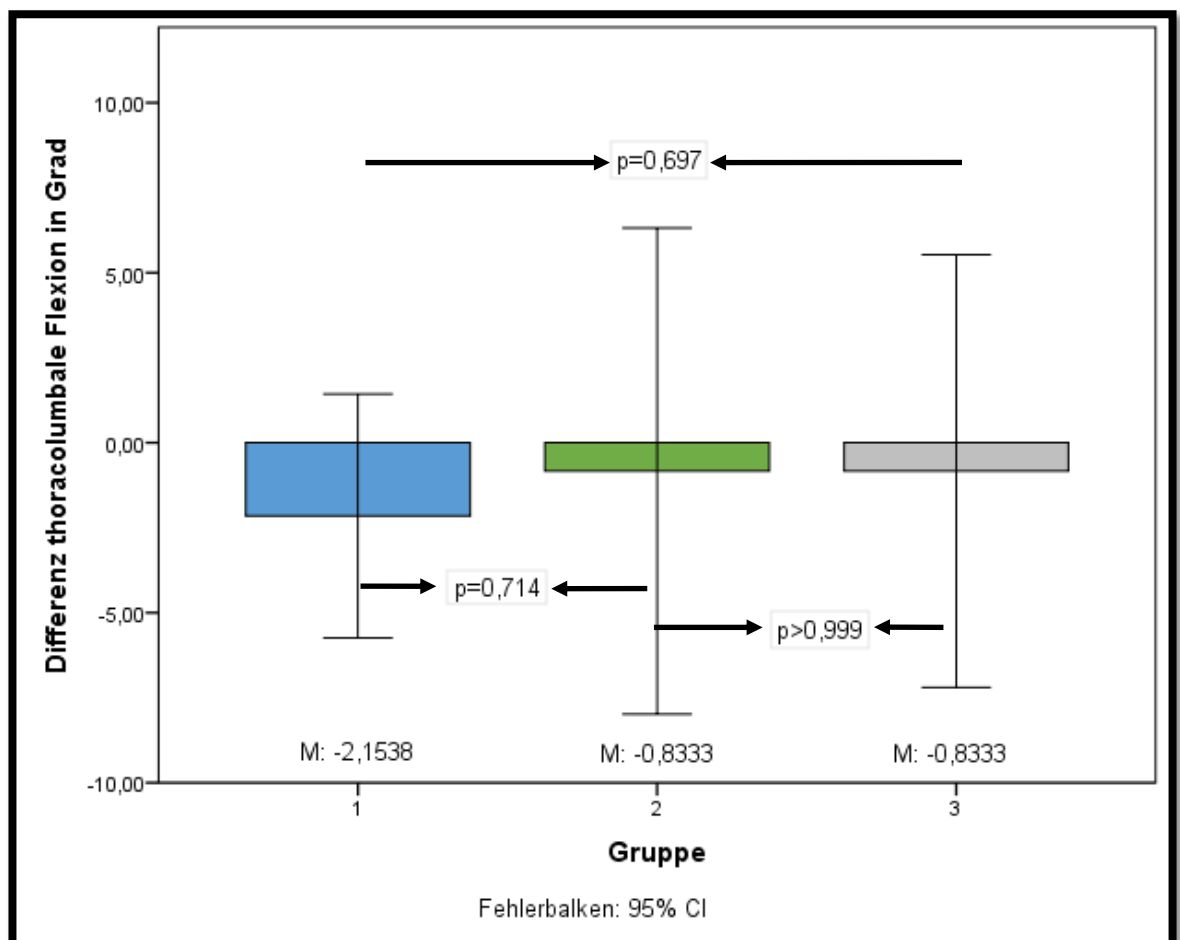
Tabelle 15: Veränderungen der thoracolumbalen Flexion verglichen zwischen den Gruppen

Thoracolumbale Flexion	Differenzen in Grad Vergleich zwischen den Gruppen		
	Foam Roll Gruppe Mittelwert	Placebogruppe Mittelwert	p-Wert
	-2,1538 (SD=5,9327)	-0,8333 (SD=11,2488)	$p=0,714$
	Foam Roll Gruppe Mittelwert	Kontrollgruppe Mittelwert	p-Wert
	-2,1538 (SD=5,9327)	-0,8333 (SD=10,5339)	$p=0,697$
	Placebogruppe Mittelwert	Kontrollgruppe Mittelwert	p-Wert
	-0,8333 (SD=11,2488)	-0,8333 (SD=10,5339)	$p>0,999$

Tabellarische Ausführung der Differenzender thoracolumbalen Flexion (in Grad) zwischen den Gruppen. Es sind die Mittelwerte, mit den dazugehörigen Standardabweichung und dem ermittelten p-Wert angegeben. (Quelle: Eigene Darstellung)

Das Boxplot-Diagramm in Abbildung 34 zeigt die Differenzen zwischen den Mittelwerten der beiden Messzeitpunkte für jede der drei Gruppen. Die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Gruppen kann am ermittelten p-Wert abgelesen werden. Die x-Achse zeigt die Einteilung in die jeweilige Gruppe und auf der y-Achse werden die Mittelwerte der Veränderungen, bezüglich der thoracolumbalen Flexion angegeben. Wie bereits in Tabelle 15 angeführt, zeigt die Betrachtung der Veränderungen in der thoracolumbalen Flexion keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen.

Abbildung 34: Boxplot-Diagramm - Veränderungen thoracolumbalen Flexion verglichen zwischen den Gruppen



Boxplot-Diagramm zu dem Vergleich der Differenzen der thoracolumbalen Flexion (in Grad) zwischen den Gruppen. Dargestellt sind sowohl die angegebenen p-Werte, die Mittelwerte (M), sowie der Median.

(Quelle: Eigene Darstellung)

(JO)

4.5 Mechanosensivität

H4: *Es gibt **einen** signifikanten Unterschied, hinsichtlich den Veränderungen der Mechanosensivität nach dem Foam Rolling, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.*

Im diesem Kapitel der Arbeit werden die Ergebnisse für die Mechanosensivität verschiedener Druckpunkte, die mit dem Algometer gemessen wurden, dargestellt. Die Daten jeder Gruppe wurden mit Hilfe des K-S-Tests auf eine Normalverteilung überprüft. Bei der Überprüfung zeigte sich, dass einige Daten keine hinreichende Normalverteilung aufweisen.

In der Foam Roll Gruppe wiesen die Ausgangswerte des rechten M. longissimus thoracis ($p=0,029$) keine ausreichende Normalverteilung auf. Zusätzlich waren die Werte bezüglich der rechten Mm. multifidii ($p=0,021$) und des rechten und linken M. longissimus thoracis ($p<0,001/p=0,01$), für den zweiten Messzeitpunkt nicht normalverteilt. Die verbliebenen Werte zeigten Signifikanzen zwischen $p=0,089$ und $p=0,2$.

Dagegen wiesen die Werte in der Placebogruppe eine hinreichende Normalverteilung auf. Die Signifikanzwerte des K-S-Tests erstreckten sich in diesem Fall von $p=0,095$ bis $p=0,2$. In der Kontrollgruppe zeigte sich für die Ausgangswerte des linken M. longissimus thoracis ($p=0,025$) keine ausreichende Normalverteilung. Die verbliebenen Werte wichen mit Signifikanzen zwischen $p=0,0071$ und $p=0,2$ nicht signifikant von der Normalverteilung ab. Der Vergleich der Werte zwischen den beiden Messzeitpunkten erfolgte danach, ob die Werte ausreichend normalverteilt waren. Je nach Verteilung der Werte wurde der t-Test für verbundene Stichproben oder der Wilcoxon-Test genutzt.

Die folgenden drei Tabellen (16, 17, 18) stellen die Veränderungen der Mechanosensivität zwischen den beiden Messzeitpunkten dar. Es ist für jede Gruppe je eine Tabelle erstellt worden, welche die Mittelwerte, Standardabweichungen, Differenzen und p-Werte für jeden Muskel, darstellt.

Im Hinblick auf die Differenzen aus Tabelle 16 ist erkennbar, dass sich die Mechanosensivität der meisten Muskeln nach dem Foam Rolling erhöht hat. Dies zeigt die Verringerung zwischen den Mittelwerten. Lediglich die Mechanosensivität des linken M. longissimus thoracis hat sich um durchschnittlich $0,0105 \text{ kg/cm}^2$ verringert. Jedoch zeigen die p-Werte, dass keine dieser Veränderungen signifikant war ($p=0,254$ bis $p=0,991$).

Tabelle 16: Vorher-Nachher-Vergleich der Mechanosensivität in der Foam Roll Gruppe

Muskel	Foam Roll Gruppe			
	vorher	nachher	Differenz	p-Wert
M. multifidius re	6,6821 (SD=1,8326)	6,5538 (SD=2,7032)	-0,1283	p=0,807
M. multifidius li	6,7256 (SD=2,003)	6,6333 (SD=2,7035)	-0,0923	p=0,825
M. longissimus re	7,1897 (SD=2,6069)	6,8536 (SD=2,6233)	-0,3361	p=0,382
M. longissimus li	6,8946 (SD=2,3848)	6,9051 (SD=2,5605)	0,0105	p=0,861
M. latissimus dorsi re	4,8664 (SD=2,5082)	4,4667 (SD=2,1966)	-0,3997	p=0,254
M. latissimus dorsi li	4,0231 (SD=1,5421)	4,0205 (SD=1,6155)	-0,0026	p=0,991

Der Vorher-Nachher-Vergleich innerhalb der Foam Roll Gruppe, gemessen mit dem Algometer (kg/cm²). Dargestellt werden die Mittelwerte, mit der dazugehörigen Standardabweichung, die Differenz, sowie der p-Wert. (Quelle: Eigene Darstellung)

Tabelle 17 verdeutlicht, dass sich die Werte in der Placebogruppe, für alle untersuchten Muskeln, nach der Intervention erhöht haben. Die geringste Veränderung zeigten die linken Mm. multifidii mit einer durchschnittlichen Zunahme von 0,0283 kg/cm², während der rechte M. longissimus thoracis mit einer durchschnittlichen Zunahme von 0,545 kg/cm² die größte Veränderung aufwies.

Auch in diesem Fall ergaben die ermittelten p-Werte, dass keine dieser Veränderungen signifikant war (p=0,071 bis p=0,926).

Tabelle 17: Vorher-Nachher-Vergleich der Mechanosensivität in der Placebogruppe

Muskel	Placebogruppe			
	vorher	nachher	Differenz	p-Wert
M. multifidius re	6,9553 (SD=2,3045)	7,4331 (SD=2,2285)	0,4778	p=0,081
M. multifidius li	6,8358 (SD=2,3479)	6,8642 (SD=2,1918)	0,0283	p=0,926
M. longissimus re	7,2494 (SD=2,4176)	7,7944 (SD=2,1262)	0,545	p=0,071
M. longissimus li	7,5475 (SD=2,4052)	7,6553 (SD=2,2028)	0,1078	p=0,676
M. latissimus dorsi re	4,9053 (SD=1,9225)	5,1831 (SD=1,7966)	0,2778	p=0,183
M. latissimus dorsi li	4,5997 (SD=1,5351)	5,0081 (SD=1,7248)	0,4083	p=0,194

Der Vorher-Nachher-Vergleich innerhalb der Placebogruppe, gemessen mit dem Algometer (kg/cm²). Dargestellt werden die Mittelwerte, mit der dazugehörigen Standardabweichung, die Differenz, sowie der p-Wert. (Quelle: Eigene Darstellung)

Aus Tabelle 18 geht hervor, dass sich die Werte der Kontrollgruppe im Verlauf der Studie erhöht haben. In diesem Fall reichen die Veränderungen von durchschnittlich 0,0641 kg/cm² bis zu durchschnittlich 0,5744 kg/cm².

Die dazugehörigen p-Werte zeigten mit Werten von 0,081 bis 0,862, dass keine signifikanten Unterschiede der Werte, zwischen den Messzeitpunkten, vorlagen.

Tabelle 18: Vorher-Nachher-Vergleich der Mechanosensitivität in der Kontrollgruppe

Muskel	Kontrollgruppe			
	vorher	nachher	Differenz	p-Wert
M. multifidius re	7,6513 (SD=1,8376)	8,1077 (SD=1,6834)	0,4564	p=0,125
M. multifidius li	7,8231 (SD=1,6322)	7,8872 (SD=1,9344)	0,0641	p=0,862
M. longissimus re	7,6462 (SD=1,9168)	8,2205 (SD=1,7369)	0,5744	p=0,081
M. longissimus li	7,9821 (SD=1,6624)	8,2718 (SD=1,7784)	0,2897	p=0,248
M. latissimus dorsi re	4,9331 (SD=1,9828)	5,2359 (SD=1,9897)	0,3028	p=0,322
M. latissimus dorsi li	4,5897 (SD=1,6807)	5,1026 (SD=2,3719)	0,5128	p=0,2

Der Vorher-Nachher-Vergleich innerhalb der Kontrollgruppe, gemessen mit dem Algometer (kg/cm²). Dargestellt werden die Mittelwerte, mit der dazugehörigen Standardabweichung, die Differenz, sowie der p-Wert. (Quelle: Eigene Darstellung)

Im nachfolgenden werden die Tabellen (19, 20, 21) aufgeführt, welche einen Vergleich der Veränderungen in der Mechanosensitivität, hinsichtlich der zwei Messzeitpunkte, zwischen den drei Gruppen darstellen.

Zu Beginn ist der K-S-Test durchgeführt worden, um die Daten auf eine Normalverteilung zu überprüfen. Daraus hat sich ergeben, dass bezüglich der Foam Roll Gruppe die errechneten Differenzwerte des rechten M. longissimus thoracis ($p < 0,001$) nicht normalverteilt sind. Ebenso wiesen die Differenzen des linken M. longissimus thoracis ($p = 0,027$), sowie die des linken M. latissimus dorsi ($p = 0,007$) keine hinreichende Normalverteilung auf. Die weiteren asymptotischen Signifikanzen lagen in einem Bereich von $p = 0,095$ bis $p = 0,2$. Je nachdem, welcher Muskel für einen Vergleich der Werte betrachtet wurde, erfolgte ein t-Test für unabhängige Stichproben oder der U-Test.

In Tabelle 19 ist der Vergleich der Differenzen zwischen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe aufgeführt. Die berechneten Signifikanzen befinden sich in einem Bereich von $p=0,051$ bis $p=0,884$. Demnach gibt es keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zwischen diesen beiden Gruppen. Lediglich der Wert, der den Unterschied der Gruppen in Bezug auf den rechten M. latissimus dorsi angibt, befindet sich mit $p=0,051$ nah an der Grenze zur Signifikanz.

Tabelle 19: Die Veränderungen der Mechanosensitivität verglichen zwischen Foam Roll Gruppe und Placebogruppe

Muskel	Foam Roll Gruppe x Placebogruppe		
	Foam Roll Gruppe Mittelwert	Placebogruppe Mittelwert	p-Wert
M. multifidius re	0,1282 (SD=1,45)	-0,4778 (SD=0,6811)	$p=0,215$
M. multifidius li	0,0923 (SD=1,4694)	0,0167 (SD=1,0261)	$p=0,884$
M. longissimus re	0,1994 (SD=1,5372)	-0,2444 (SD=1,0597)	$p=0,291$
M. longissimus li	-0,0026 (SD=1,025)	0,1194 (SD=1,0501)	$p=0,771$
M. latissimus dorsi re	0,3949 (SD=1,2055)	-0,4056 (SD=0,6187)	$p=0,051$
M. latissimus dorsi li	-0,0103 (SD=0,792)	-0,3694 (SD=1,0068)	$p=0,33$

Tabellarische Ausführung der Veränderungen der Mechanosensitivität (kg/cm^2) verglichen zwischen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe. Aufgezeigt werden die Mittelwerte, mit der dazugehörigen Standardabweichung und dem p-Wert.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Tabelle 20 stellt den Vergleich der Differenzen zwischen der Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe dar. Auch in diesem Fall zeigte sich kein signifikanter Unterschied in den durchschnittlichen Veränderungen der Mechanosensitivität zwischen den Gruppen. Die Signifikanzen befanden sich in einem Bereich von $p=0,126$ bis $p=0,777$.

Tabelle 20: Die Veränderungen der Mechanosensitivität verglichen zwischen Foam Roll Gruppe und Kontrollgruppe

Muskel	Foam Roll Gruppe x Kontrollgruppe		
	Foam Roll Gruppe Mittelwert	Kontrollgruppe Mittelwert	p-Wert
M. multifidius re	0,1282 (SD=1,45)	-0,4564 (SD=0,9983)	p=0,243
M. multifidius li	0,0923 (SD=1,4694)	-0,0641 (SD=1,3055)	p=0,777
M. longissimus re	0,1994 (SD=1,5372)	-0,4051 (SD=1,5168)	p=0,47
M. longissimus li	-0,0026 (SD=1,025)	-0,2837 (SD=1,1754)	p=0,287
M. latissimus dorsi re	0,3949 (SD=1,2055)	-0,3282 (SD=1,1213)	p=0,126
M. latissimus dorsi li	-0,0103 (SD=0,792)	-0,5 (SD=1,5658)	p=0,579

Tabellarische Ausföhrung der Veränderungen der Mechanosensitivität (kg/cm²) verglichen zwischen der Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe. Aufgezeigt werden die Mittelwerte, mit der dazugehörigen Standardabweichung und dem p-Wert.

(Quelle: Eigene Darstellung)

Abschließend wird der Vergleich der Differenzen zwischen der Placebogruppe und der Kontrollgruppe in Tabelle 21 dargestellt. Wie in den vorangegangenen Vergleichen zeigt auch der Vergleich dieser Gruppen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Veränderung der Mechanosensitivität im Verlauf der Studie.

Die Signifikanzen, die aus dieser Tabelle hervorgehen, liegen in einem Bereich zwischen p=0,295 und p=0,955. (AG)

Tabelle 21: Die Veränderungen der Mechanosensitivität verglichen zwischen Placebo- und Kontrollgruppe

Muskel	Placebogruppe x Kontrollgruppe		
	Placebogruppe Mittelwert	Kontrollgruppe Mittelwert	p-Wert
M. multifidius re	-0,4778 (SD=0,6811)	-0,4564 (SD=0,9983)	p=0,955
M. multifidius li	0,0167 (SD=1,0261)	-0,0641 (SD=1,3055)	p=0,866
M. longissimus re	-0,2444 (SD=1,0597)	-0,4051 (SD=1,5168)	p=0,763
M. longissimus li	0,1194 (SD=1,0501)	-0,2837 (SD=1,1754)	p=0,295
M. latissimus dorsi re	-0,4056 (SD=0,6187)	-0,3282 (SD=1,1213)	p=0,835
M. latissimus dorsi li	-0,3694 (SD=1,0068)	-0,5 (SD=1,5658)	p=0,852

Tabellarische Ausföhrung der Veränderungen der Mechanosensitivität (kg/cm²) verglichen zwischen der Placebogruppe und der Kontrollgruppe. Aufgezeigt werden die Mittelwerte, mit der dazugehörigen Standardabweichung und dem p-Wert.

(Quelle: Eigene Darstellung)

5. Diskussion

Zum Beginn des folgenden Kapitels dieser Arbeit sollen die Ergebnisse (siehe Kapitel 4) aufgearbeitet und im Anschluss die genutzten Materialien und Methoden (siehe Kapitel 3.1 bzw. Kapitel 3.2) für die Durchführung der Studie rückwirkend, kritisch betrachtet werden. (JO)

5.1 Ergebnisdiskussion

Zunächst werden in diesem Teil der Diskussion die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Studie nochmal aufgegriffen und besprochen. Darüber hinaus wird ein Bezug der Ergebnisse zu den Hintergrundthemen (siehe Kapitel 2) hergestellt und deren Bedeutung für die Praxis und weitere Forschungen betrachtet. (JO)

5.1.1 Faszienbeweglichkeit (Cross Correlation nach Dr. Andrew Dilley)

Bei der Untersuchung der Beweglichkeit der FTL konnte nach der Übungseinheit mit der Foam Roll ein signifikanter Unterschied zum Ausgangsstatus beobachtet werden. Es wurde in der Foam Roll Gruppe eine durchschnittliche Verbesserung der Beweglichkeit von 1,7915 mm festgestellt. Diese Verbesserung stellte sich zudem mit $p > 0,001$ als hoch signifikant heraus. Bei Betrachtung der zusätzlich ermittelten Effektstärke zeigte sich ein Wert von $d = 0,756$. Da dieser Wert knapp unter der Grenze von 0,8 liegt, konnte die Verbesserung der Beweglichkeit mit einem mittelgroßen Effekt gleichgesetzt werden (Rasch et al. 2010a:68, zitiert nach Cohen 1988).

Der Vergleich zwischen den drei Gruppen hinsichtlich der Veränderungen der Faszienbeweglichkeit, die sich im Verlauf der Studie ergeben haben, weist ebenfalls signifikante Unterschiede auf. Die Probanden der Placebogruppe, die nur eine Scheinbehandlung mit der Foam Roll erhielten, zeigten lediglich eine durchschnittliche Verbesserung von 0,397 mm, bezüglich der Beweglichkeit der FTL. Die Kontrollgruppe, in der keine Intervention stattfand, wies dagegen nur eine minimale, durchschnittliche Verbesserung von 0,0139 mm auf. Sowohl der Vergleich zwischen den Veränderungen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe ($p = 0,001$), als auch zwischen den Differenzen der Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe ($p < 0,001$) ergab einen hochsignifikanten Unterschied.

Die Forschungshypothese (**H1**: Es gibt **einen** signifikanten Unterschied in den, durch das Foam Rolling begünstigten, Veränderungen der Beweglichkeit der Fascia Thoracolum-

balis, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.) konnte daher bestätigt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Beweglichkeit der FTL kurz nach den Foam Roll Übungen signifikant verbessert. Das Foam Rolling beeinflusst demnach nicht nur die Dehnfähigkeit der Muskulatur, wie bereits Studien von Roylance et al. (2013) oder MacDonald et al. (2014) zeigten, sondern auch die Beweglichkeit der Faszien.

Dies unterstützt die Vermutungen von Thömmes (2014:30), die besagt, dass durch den mechanischen Druck der Rolle, die Hydratation der Faszie angeregt wird, sodass eine verbesserte Gleitfähigkeit und Elastizität entsteht. Betrachtet man das Foam Rolling als SMFR und somit als Form des MFR, wird dies auch durch die Beschreibung des „Gel“ to „Sol“ Modells von Barnes (1997) deutlich. Demnach wird durch das Foam Rolling mechanische Energie freigesetzt, die die Grundsubstanz der Faszie verändert, sodass diese weicher und elastischer wird.

Da jedoch in den Kapiteln 2.2.2. und 2.3.2 angeführt wurde, dass verschiedene Effekte bei der Beeinflussung des Fasziengewebes eine Rolle spielen, sind weitere Studien nötig, um detaillierte Aussagen darüber treffen zu können, welche Wirkungsmechanismen die Verbesserung der Faszienbeweglichkeit tatsächlich hervorrufen. Beispielsweise könnte auch die Inhibition, der in den Faszien angelagerten, Mechanorezeptoren einen wichtigen Einflussfaktor darstellen. Eine Beeinflussung der Golgi-Sehnen Organe der Faszie könnte zu einer Inhibition der Alpha-Motoneurone führen und so ebenfalls eine Verbesserung der Beweglichkeit bewirken (Schleip 2003, zitiert nach Ward 1993). Generell gilt, dass die Wirkungsmechanismen des Foam Rollings bisher kaum erforscht sind und diesbezüglich weitere Forschungen nötig sind.

Des Weiteren unterstützen die Ergebnisse dieser Studie die Vermutung, dass Übungen mit der Foam Roll, Adhäsionen im Fasziengewebe reduzieren und somit der Entstehung von chronischen myofaszialen Schmerzsyndromen entgegenwirken können (Lukas 2012:28f.). Diese These steht in engem Zusammenhang mit der Studie von Langevin et al. (2011). Durch diese Studie wurde festgestellt, dass die gegensätzliche Verschieblichkeit der FTL bei gesunden Probanden signifikant besser ist, als bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen. Dieses Erkenntnis bestätigt den Zusammenhang zwischen der Beweglichkeit der Faszie, bzw. deren pathologischen Veränderungen und Beschwerden des unteren Rückens. Das könnte zudem den Schluss zulassen, dass eine bewegliche Faszie, eine „gesunde“ Faszie darstellt. Eine verbesserte Beweglichkeit der Faszie, wie in diesem Fall festgestellt, könnte demnach Beschwerden in diesem Bereich vorbeugen. Wenn durch eine Anwendung der Foam Roll die Beweglichkeit von Faszien verbessert

werden kann, könnte dies demnach auch Beschwerden des Bewegungsapparates vorbeugen. Darüber hinaus stellt Thömmes (2014:30) in Aussicht, dass Sportler, durch eine Ergänzung ihres Warm-ups vor dem Sport mit den Foam Roll Übungen, eine Verletzungsprophylaxe durchführen können. Ein präventiver Einfluss des Foam Rollings auf die Strukturen des Bewegungsapparates ist daher denkbar.

Die Grundlage für einen weiteren Diskussionspunkt liefert die Aussage von Lukas (2012:25), die besagt, dass das Faszientraining mit der Foam Roll regelmäßig, über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden muss, damit sich die Struktur der Kollagenfasern der Faszien verändert. Außerdem wurde in anderen Studien von Sherer (2013) und MacDonald et al. (2014) ebenfalls der Effekt des Foam Rollings über einen Zeitraum von mehreren Tagen oder Wochen untersucht. Da in der Studie, die in dieser Arbeit besprochen wird, nur der Effekt direkt nach der Intervention untersucht wurde, kann die These aufgestellt werden, dass eine regelmäßige Anwendung der Foam Roll, über einen längeren Zeitraum, zu noch größeren Veränderungen der Faszienbeweglichkeit führen könnte. Des Weiteren erhielten die Probanden, in diesem Fall, nach den Übungen eine Ruhephase von zehn Minuten. In der Studie von Schleip et al. (2012a) zeigte sich jedoch erst 30 Minuten nach einer Fasziendehnung eine Erhöhung des Wassergehaltes in der Faszie. Die Ruhephase könnte daher zu kurz gewesen sein, sodass die zweite Messung nicht den gesamten Effekt der Übungen widerspiegelt.

Aus diesem Grund wurde dieser Studie eine Fallstudie angeschlossen, welche die langfristige Wirkung der Foam Roll Übungen auf die FTL untersucht (siehe Kapitel 6). (JO)

5.1.2 Lumbale Flexion

Die Untersuchung der lumbalen Flexion zeigte, dass es keinen signifikanten Unterschied bezüglich der lumbalen Flexion, gemessen mit dem MMST, zwischen den zwei Messzeitpunkten gibt.

In der Foam Roll Gruppe und in der Placebogruppe konnte im Durchschnitt eine geringe Verbesserung der lumbalen Flexion festgestellt werden. In der Kontrollgruppe wurde dagegen eine minimale Verringerung der lumbalen Flexion beobachtet. Jedoch waren diese Veränderungen mit p-Werten zwischen 0,753 und 0,935 nicht signifikant.

Ebenso lieferte auch der Vergleich der Veränderungen zwischen den drei Gruppen keine signifikanten Ergebnisse. Der Unterschied der Differenzen zwischen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe war mit $p=0,728$ nicht signifikant, der Vergleich zwischen der

Foam Roll Gruppe und der Kontrollgruppe lieferte einen p-Wert von 0,724 und bei dem Vergleich der Placebogruppe mit der Kontrollgruppe lag der p-Wert über 0,999.

Die Forschungshypothese (**H2: Es gibt *einen* signifikanten Unterschied im Hinblick auf die Veränderungen der lumbalen Flexion nach dem Foam Rolling, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.) konnte demnach, nach der Beurteilung der Ergebnisse aus Kapitel 4.3, nicht bestätigt werden.**

Obwohl durch die Übungen mit der Foam Roll eine signifikante Verbesserung der Beweglichkeit der FTL entstanden ist, führte dies nicht, wie angenommen, zu einer Verbesserung der lumbalen Flexion der Probanden.

Einen Erklärungsansatz für die ermittelten Ergebnisse, der lumbalen Flexion bietet sich demnach durch die genaue Betrachtung der durchschnittlichen Verbesserung der Faszienbeweglichkeit in der Foam Roll Gruppe. Diese Veränderung war zwar signifikant, jedoch lag die Verbesserung der Beweglichkeit im Durchschnitt bei 1,7915 mm. Da eine Veränderung von ein bis zwei Millimeter trotz der Signifikanz einen relativ geringen Wert darstellt, darf bezweifelt werden, ob eine solche Verbesserung auch zu einer verbesserten aktiven lumbalen Flexion führen kann. Es wird vermutet, dass erst eine noch größere Verbesserung der Faszienbeweglichkeit zu einer funktionellen Verbesserung der lumbalen Flexion beiträgt.

Auch die Beeinflussung der Dehnfähigkeit der Muskulatur spielt eine Rolle bei der Betrachtung der Veränderungen der Gelenkbeweglichkeit. Studien wie die von MacDonald et al. (2014) und Sherer (2013) haben bereits gezeigt, dass durch das Foam Rolling die Elastizität der Ischiocruralen Muskulatur zunimmt, sodass eine signifikant größere Hüftflexion, bei gleichzeitiger Kniestreckung möglich wird. Eine derartige Entwicklung ist aus den Ergebnissen dieser Studie für die Rückenmuskulatur nicht abzulesen. Jedoch führten die Probanden der Studien von MacDonald et al. (2014) und Sherer (2013), wie bereits erwähnt, das Foam Rolling mehrmals, über einen Zeitraum mehrerer Tage oder Wochen durch. Eine einmalige Durchführung der Übungen, wie in dieser Studie, reicht demnach vermutlich nicht aus, um die Dehnfähigkeit der Rückenmuskulatur und Faszien in so hohem Maße zu beeinflussen, dass eine signifikant bessere, aktive Flexion der LWS möglich wird. Da eine quantitative Untersuchung der Faszienbeweglichkeit noch nicht häufig verwendet wurde, können diese Vermutungen zu diesem Zeitpunkt noch nicht durch Daten anderer Studien belegt werden, weil in der recherchierten Literatur bisher keine vergleichbaren Werte für Faszienbeweglichkeiten veröffentlicht wurden. Daraus ergibt sich, dass weitere Studien nötig sind, um festzustellen, wie stark sich die Faszien- und Muskel-

beweglichkeit verbessern muss, damit auch eine Erhöhung der aktiven Beweglichkeit sichtbar wird.

Aus diesem Grund ist es besonders interessant, ob sich in der ergänzenden Fallstudie (siehe Kapitel 6) eine noch größere Verbesserung der Faszienbeweglichkeit ergibt, die zu einer signifikanten Verbesserung der lumbalen Flexion der Probanden führt. (AG)

5.1.3 Thoracolumbale Flexion

Die Betrachtung der Werte, die mittels der digitalen Goniometer gemessen wurden, um die thoracolumbale Flexion der Probanden zu ermitteln, ergab ebenfalls keine signifikanten Veränderungen zwischen den Messzeitpunkten. Es ergaben sich zwar in allen Gruppen Verbesserungen der maximalen thoracolumbalen Flexion, jedoch lagen diese in einem relativ kleinen Bereich von $0,8333^\circ$ bis $2,3058^\circ$. Die p-Werte von 0,378 für die Veränderungen in der Foam Roll Gruppe, von 0,477 für die Placebogruppe und von 0,78 für die Kontrollgruppe belegen, dass es sich dabei nicht um signifikante Verbesserungen handelt. Der Vergleich der Verbesserungen zwischen der Foam Roll Gruppe und der Placebogruppe war mit $p=0,714$ ebenfalls nicht signifikant, genauso wie die Vergleiche der Foam Roll Gruppe mit der Kontrollgruppe ($p=0,697$) und der Placebogruppe mit der Kontrollgruppe ($p>0,999$).

Die Forschungshypothese (**H3**: *Es gibt **einen** signifikanten Unterschied in den Veränderungen der thoracolumbalen Flexion nach dem Foam Rolling, verglichen mit einer Placebo- und Kontrollgruppe.*) musste auf Grund der Ergebnisse (siehe Kapitel 4.4) auch in diesem Fall abgelehnt werden.

Ebenso, wie bereits in der Diskussion bezüglich der Ergebnisse der lumbalen Flexion (siehe Kapitel 5.1.2) erwähnt, besteht auch in diesem Fall die Vermutung, dass die Verbesserung der Beweglichkeit von Faszie und Muskulatur nicht ausreichte, um die maximal mögliche thoracolumbale Flexion der Probanden signifikant zu beeinflussen.

Da die Werte für die thoracolumbale Flexion im Durchschnitt sehr hoch waren, wird vermutet, dass ein Messfehler vorliegt. Dieser Aspekt wird im Kapitel 5.3.5 genauer beschrieben. (JO)

5.1.4 Mechanosensitivität

In Bezug auf die Mechanosensitivität der getesteten Muskulatur, die eine Maßeinheit für die Spannung der Muskeln darstellt, zeigten die Ergebnisse wiederum keine signifikanten Veränderungen direkt nach dem Foam Rolling. In der Foam Roll Gruppe zeigte sich in der zweiten Messungen bei fast allen getesteten Muskeln eine Erhöhung der Mechanosensitivität. Es konnte beobachtet werden, dass der Druckschmerz nach den Übungen, je nach Muskel, im Durchschnitt 0,0026 bis 0,3997 kg früher einsetzte. Lediglich der Test des M. longissimus thoracis der linken Seite wies eine minimale, durchschnittliche Verbesserung von 0,0105 kg auf. Die p-Werte von 0,254 bis 0,991 bestätigen die unzureichende Signifikanz dieser Veränderungen.

Die Betrachtung der Veränderungen der Placebogruppe und der Kontrollgruppe dagegen zeigten für alle Muskeln eine Verbesserung in der Mechanosensitivität. In der Placebogruppe ergaben sich Verbesserungen zwischen 0,0283 kg und 0,545 kg, während in der Kontrollgruppe je nach Muskel eine Reduktion der Mechanosensitivität von 0,0641 kg bis 0,5744 kg beobachtet werden konnte. Jedoch waren auch diese Veränderungen mit p-Werten von 0,071 bis 0,926 für die Placebogruppe und 0,081 bis 0,862 für die Kontrollgruppe nicht signifikant. Der Vergleich der Veränderungen zwischen den drei Gruppen brachte ebenfalls keine signifikanten Veränderungen hervor. Auffällig ist zudem, dass die Veränderungen, je nach getestetem Muskel, sehr schwanken. Trotzdem kann eine tendenzielle Verbesserung der Werte festgestellt werden.

Die Forschungshypothese (**H4:** *Es gibt **einen** signifikanten Unterschied, hinsichtlich den Veränderungen der Mechanosensitivität nach dem Foam Rolling, im Vergleich zu der Placebo- und Kontrollgruppe.*) musste dennoch, auf Grund der unzureichenden Signifikanz der Unterschiede verworfen werden.

Entgegen den Erwartungen hat sich die Mechanosensitivität der Muskeln nach dem Foam Rolling leicht erhöht. Vorangegangene Ergebnisse vergleichbarer Studien, die besagen, dass die Faszien und Muskeln durch Übungen mit der Foam Roll entspannt werden (Pearcey et al. 2014), konnten damit nicht bestätigt werden. Die Studie von Pearcey et al. (2014), in der unter anderem der Einfluss des Foam Rollings auf die Muskelspannung des M. quadriceps femoris untersucht wurde, zeigte eine signifikante Verringerung der Mechanosensitivität 24 bis 72 Stunden nach der Intervention. Bei einer genauen Betrachtung dieser Ergebnis fällt jedoch auf, dass in Bezug auf die Mechanosensitivität nach 24 Stunden ein moderater Effekt und nach 48 Stunden ein großer Effekt festgestellt wurde. Nach 72 Stunden waren die Veränderungen wieder wesentlich geringer. Die gesamte Wirkung

der Foam Roll Übungen zeigte sich demnach erst nach einer gewissen Zeit, sodass auch in diesem Fall der Zeitfaktor eine wichtige Komponente darstellen könnte.

In dieser Studie wurde dagegen bereits zehn Minuten nach der Intervention erneut gemessen und zu diesem Zeitpunkt eine erhöhte Sensivität beobachtet. Daher besteht die Vermutung, dass durch die mechanische Belastung zunächst eine Sensibilisierung der Druckpunkte in der Muskulatur stattfindet, bevor sich die Mechanosensivität spürbar reduziert. In der Studie von Xu et al. (2010) wurde eine ähnliche Beobachtung gemacht, sodass diese Vermutung belegt werden kann. In dieser Studie wurden latente Triggerpunkte durch Nadeln nozizeptiv stimuliert. Nach zehn Minuten konnte mit einem Algometer eine erhöhte Mechanosensivität ermittelt werden. Demnach könnte auch der mechanische Einfluss der Foam Roll auf die Druckpunkte der Muskulatur kurzfristig zu eine Erhöhung der Nozizeption und einer zentralen Sensibilisierung führen, bevor sich der Effekt der Entspannung einstellt. Eine Langzeitbetrachtung der Wirkung des Foam Rolling ist demnach auch hinsichtlich der Entwicklung der Mechanosensivität sinnvoll. Darüber hinaus erscheinen weitere Forschungen sinnvoll, um zu überprüfen, ob und warum sich die Spannung in der Muskulatur direkt nach den Übungen erhöht.

Außerdem fällt auf, dass die Werte innerhalb der Gruppen je nach Muskel eine gewisse Varianz aufweisen. Diese Beobachtung kann damit begründet werden, dass Schmerz ein subjektives Empfinden darstellt, sodass die Grenze, an der Druck zu Schmerz wird, für jeden Probanden individuell ist (Schomacher 2008). Zudem scheint jeder Muskel eine individuelle Druckempfindlichkeit zu besitzen, was bereits durch Fischer (1987) belegt wurde. (AG)

5.2 Methodendiskussion

Um festzustellen, ob Übungen mit der Foam Roll einen Einfluss auf die Beweglichkeit der Fascia Thoracolumbalis haben, wurde eine randomisierte, kontrollierte Studie mit drei Gruppen als Studiendesign ausgewählt. Dabei handelt es sich um die Foam Roll Gruppe, die das Foam Rolling durchführte, eine Placebogruppe, die lediglich eine Scheinbehandlung erhielt, und eine Kontrollgruppe. Durch den Vergleich von drei Gruppen sollte eine möglichst hohe Aussagekraft im Hinblick auf die Ergebnisse hergestellt werden.

Zu Beginn der Arbeit wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um einen Überblick über das Thema zu bekommen und somit Fragestellung und Durchführung der Studie zu konkretisieren. Die Literaturrecherche war zeitlich sehr aufwendig, da nicht alle Artikel und Bücher sofort zugänglich waren.

Es fiel auf, dass relativ viel Literatur zum aktuellen Thema der Faszienforschung und zu verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten, wie dem MFR, gefunden werden konnte. Dagegen waren nur wenige Studien, in denen das Foam Rolling bereits als Trainingsmöglichkeit für die Faszien genutzt wurde, in der recherchierten Literatur vorhanden. Dadurch sind für die Ergebnisse der Faszienbeweglichkeit und die Zusammenhänge in Bezug auf die aktive Beweglichkeit, gemessen mit dem MMST, keine vergleichbaren Werte verfügbar. Auf Grund dessen konnten diesbezüglich die ermittelten Ergebnisse nicht verglichen werden (siehe Kapitel 5.1.1 und Kapitel 5.1.2). Dies zeigt wiederum, dass die Wirkungsmechanismen des Foam Rolling bisher nicht ausreichend erforscht sind und weitere Studien nötig sind, um diese Informationslücken zu schließen.

Für die Probandenrekrutierung wurden im Vorfeld der Studiendurchführung Flyer in verschiedenen Schuleinrichtungen und Sportvereinen im Raum Osnabrück verteilt. Außerdem wurde der Flyer per E-Mail an die Studenten der Hochschule Osnabrück weitergeleitet. Zunächst meldeten sich jedoch nur wenige, interessierte Personen für diese Studie. Erst als die Verfasser dieser Arbeit einige Klassen der Schulen und Studiengänge der Hochschule persönlich besuchten, konnten mehr Probanden rekrutiert werden. Es zeigt sich daher, dass es empfehlenswert ist, direkt Einrichtungen zu besuchen und kleine Vorträge über die Arbeit zu halten, um nachhaltiger auf eine Studie aufmerksam zu machen. Zudem könnte der hohe zeitliche Aufwand, wie er sich für die Rekrutierung der Probanden dieser Studie abgezeichnet hat, dadurch reduziert werden.

Des Weiteren war mit der Terminvergabe für die Messungen der Probanden ebenfalls ein sehr hoher organisatorischer Aufwand verbunden, da die meisten Probanden erst im Verlauf des späten Nachmittages bis in die Abendstunden Zeit hatten. Auch in diesem Fall ist eine gute Planung vor Beginn der Rekrutierung unbedingt notwendig.

An der Studie nahmen letzten Endes 38 Probanden teil. Die Stichprobe ist damit vergleichsweise klein. Da für die Messungen, auf Grund der Standardisierung dieser Studie, pro Messzeitpunkt und pro Proband jeweils mindestens 30 Minuten einberechnet werden mussten, entstand ein Gesamtzeitaufwand von circa 75 Minuten pro Proband. Auf Grund der zeitaufwendigen Messungen und dem vorgegebenen zeitlichen Rahmen dieser Arbeit stellt sich diese Stichprobe als angemessen dar. Trotzdem erscheint es sinnvoll, weitere Studien mit einer größeren Stichprobe durchzuführen, um Ergebnisse mit einer höheren Repräsentativität zu erzielen.

Vor Beginn der Messungen haben die Probanden einen Zettel aus einem Beutel gezogen. In dem Beutel befanden sich 38 Zettel, die je zu einem Drittel mit einem F für die Foam

Roll Gruppe, einem P für die Placebogruppe und einem K für die Kontrollgruppe gekennzeichnet waren. Auf diesem Wege wurden die Probanden randomisiert den Gruppen zugeteilt. Um sicher zu gehen, dass die Probanden nicht von der Abkürzung auf dem Zettel auf ihre Gruppenzugehörigkeit schließen können, musste der gezogene Zettel ungeöffnet an Therapeut B abgegeben werden. Mit Blick auf die deskriptive Statistik der gezogenen Stichprobe (siehe Kapitel 4.1) wird deutlich, dass die Randomisierung dazu geführt hat, dass sich zwischen den Gruppen, hinsichtlich der Durchschnittswerte für Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, sowie BMI und sportliche Aktivität, keine signifikanten Unterschiede zeigten. Auffällig war lediglich, dass insgesamt mehr Frauen ($n=23$), als Männer ($n=15$) an der Studie teilgenommen haben.

Auch im Hinblick auf die Ausgangswerte für die vier Messungen, Faszienbeweglichkeit, lumbale Flexion, thoracolumbale Flexion und Mechanosensivität, ergaben sich zwischen den drei Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Dadurch wurde sichergestellt, dass die Veränderungen, die sich im Studienverlauf gezeigt haben, auf die verschiedenen Interventionen der drei Gruppen zurückgeführt werden können und somit vergleichbar sind. Nach den Messungen erfolgte die jeweilige Intervention der drei Gruppen. Diese wurde in einem Nebenraum durchgeführt und von Therapeut B beaufsichtigt. Somit konnte Therapeut A keine Kenntnis über die Gruppenzugehörigkeit der Probanden erlangen. Demnach fand in dieser Studie eine Verblindung der Therapeuten statt.

Allerdings zeigte sich bei dem zweiten Messdurchgang, dass die Probanden der Foam Roll Gruppe nach der Behandlung eine wesentlich höhere Durchblutung des Rückens aufwiesen. Dadurch konnte Therapeut A, bei Betrachtung des Rückens der Probanden während der Messung, anhand der rötlichen Färbung der Haut, Rückschlüsse auf die Gruppenzugehörigkeit ziehen. Eine vollständige Verblindung ist demnach bei der Behandlung mit der Foam Roll nicht möglich.

Da die Datenerhebung im Rahmen der Messungen, wie bereits erwähnt, nur durch Therapeut A erfolgte, konnte eine Beeinflussung der Ergebnisse durch unterschiedliche Herangehensweisen bei den Messungen ausgeschlossen werden. Durch die Tatsache, dass alle Messinstrumente mit einem ICC zwischen 0,75 und 0,89 eine hohe Test-Retest Reliabilität aufweisen, konnte eine nennenswerte Varianz in den Messungen ausgeschlossen werden. Dadurch entstand jedoch auch ein großer Zeitaufwand, da die Messungen nicht parallel von beiden Therapeuten durchgeführt werden konnten.

Bei Messungen, die im Pretest trotzdem eine erhöhte Varianz der Werte aufwiesen, wurde aus drei Messwerten der Mittelwert ermittelt, um diese zu verringern. (AG)

5.3 Materialdiskussion

5.3.1 Untersuchungsbogen

Die erhobenen Daten wurden auf einem selbst entwickelten Untersuchungsbogen eingetragen. Dieser kann im Anhang auf der Seite 161 eingesehen werden. Zu Anfang dieses Untersuchungsbogens wurden die demographischen Daten der Probanden, wie Name, Alter, Geschlecht und Beruf festgehalten. Zudem wurde die ermittelte Körpergröße und das Gewicht eingetragen und der BMI berechnet. Anschließend wurde die sportliche Aktivität der Probanden erfasst. Im folgenden Teil konnten dann die Ergebnisse der vier Messinstrumente eingetragen werden. Um ein Vertauschen der Daten zu verhindern, musste für jeden Probanden zusätzlich ein entsprechendes Feld mit der Probandennummer, mit der Nummer der Sonographieaufnahmen, sowie ein Feld mit der Gruppenzugehörigkeit ausgefüllt werden. Dies erfolgte durch Therapeut B erst nach Abschluss der Messung, damit die Gruppenzugehörigkeit der Probanden für Therapeut A bis zum Schluss verborgen blieb.

Zudem war es bei der Menge an Daten wichtig, besonders bei der Messung der Mechanosensitivität im Seitenvergleich, die Werte in das richtige Feld einzutragen. Ein identischer Ablauf der Untersuchungen und eine hohe Konzentration des Therapeuten sind daher essentiell, um Fehler zu vermeiden. (JO)

5.3.2 Foam Roll

Für die Durchführung der Intervention wurde die Standardversion der Blackroll, hergestellt und vertrieben von der Blackroll AG, verwendet (siehe Kapitel 3.1.1). Durch den mittleren Härtegrad stellte diese eine gute Wahl für Amateursportler dar. Bei der Durchführung der Studie traten keine Probleme in Bezug auf dieses Material auf.

Die Übungen mit der Foam Roll war für den Großteil der Probanden leicht verständlich und daher auch direkt gut umzusetzen. Nur in einigen wenigen Fällen war eine Korrektur der Übungen durch Therapeut B nötig. Außerdem konnten alle Probanden, teilweise unter Anpassung der Ausgangsposition an den Druckschmerz, die Übungen bis zum Schluss durchführen. (JO)

5.3.3 Ultraschall in Verbindung mit dem Cross Correlation Verfahren

Um den Einfluss der Foam Roll Übungen auf die Beweglichkeit der FTL zu untersuchen, wurden, mittels des Ultraschallgerätes, Videos der Faszienbewegung der thoracolumbalen Flexion von 30° aufgenommen. Diese Videos wurden anschließend mit dem Cross Correlation Verfahren nach Dr. Andrew Dilley (siehe Kapitel 3.2.4.2.2) analysiert und somit die gesamte Faszienbewegung, die sich über diesen Bewegungsweg ergab, ermittelt. In vorangegangenen Studien wurde dieses Verfahren bereits genutzt, um longitudinale Bewegungsausschläge von Nerven, wie zum Beispiel dem N. medianus (Brochwicz et al. 2013, Dilley et al. 2001) oder dem N. tibialis (Ellis et al. 2008), zu berechnen. Zudem untersuchten Langevin et al. (2011) mit einem ähnlichen Verfahren die Verschieblichkeit der verschiedenen Schichten der FTL bei gesunden Probanden, im Vergleich zu Patienten mit Rückenbeschwerden. Sowohl für die Anwendung zur Untersuchung von nervalen Bewegungen, als auch für die Messung von faszialen Bewegungen konnte insgesamt eine gute Reliabilität festgestellt werden (siehe Kapitel 3.1.2.1). Auf Grund der Neuartigkeit dieses Verfahrens sind bisher jedoch nur wenige Referenzen zu den Gütekriterien, besonders in Bezug auf die Verwendung zur Messung faszialer Bewegungen, bekannt.

Auf Grund der aktuellen Entwicklungen der Faszienforschung und der daraus hervorgehenden Erkenntnis, dass Faszien durchaus einen aktiven Einfluss auf den Bewegungsapparat des Menschen haben (Schleip et al. 2012a), sollte in dieser Studie mit dem Cross Correlation Verfahren untersucht werden, ob Übungen mit der Foam Roll auch einen positiven Effekt auf die Beweglichkeit der FTL haben. Da in der Studie von Langevin et al. (2011) die Verschieblichkeit der Faszie in Prozent angegeben wurde, konnten für die gesamte Beweglichkeit der FTL bisher keine Vergleichswerte gefunden werden.

Bezüglich der Durchführung der Ultraschallaufnahme und der anschließenden Analyse mit dem Cross Correlation Verfahren stand besonders die Standardisierung dieses, bereits in den Kapiteln 3.2.4.2.1 und 3.2.4.2.2 beschrieben, Testverfahrens im Vordergrund. In der Studie von Langevin et al. (2011) wurde eine motorisierte Behandlungsbank genutzt, um die Flexionsbewegung des Rückens für die Ultraschallaufnahmen zu standardisieren. Die Probanden lagen in Bauchlage auf dieser Behandlungsbank, sodass der Drehpunkt der Bewegung auf der Höhe der Wirbelsäulensegmente von L4 und L5 lag. Durch die Betätigung eines Knopfes entstand eine passive, konstante Rumpfflexion von 15°.

Im Rahmen der gegebenen Mittel, erfolgte die Standardisierung der Rumpfflexion in dieser Studie mit Hilfe von zwei digitalen Goniometern, die auf Höhe der Wirbelsäulenseg-

mente S2 und C7 angebracht wurden. Mit diesen wurde eine aktive thoracolumbale Flexion von 30° festgelegt und Referenzpunkte an den Oberschenkeln der Probanden markiert (siehe Kapitel 3.2.4.2.1). Eine konstante Geschwindigkeit der Testbewegung wurde durch die Nutzung eines Metronoms hergestellt.

Dadurch, dass in diesem Fall eine aktive Beugung der Probanden durchgeführt wurde, um die Bewegung der Faszie mit dem Ultraschall aufzunehmen, konnte die Standardisierung nicht in so hohem Maße erfolgen, wie in der Studie von Langevin et al. (2011). Auf der anderen Seite stellt dieses Vorgehen jedoch eine funktionelle Alternative dar, welche eine Analyse der Faszienbewegung zulässt, die sich näher an den Alltagsbewegungen orientiert. Außerdem besitzt jeder Mensch ein anderes Bewegungsverhalten, welches durch diese Messung individuell erfasst werden konnte. Im Vergleich zu dem beschriebenen Vorgehen von Langevin et al. (2011) stellte sich die Messung in dieser Studie als sehr aufwändig heraus.

In Bezug auf diese Vorgehensweise musste zusätzlich besonders darauf geachtet werden, dass das Verschieben der Finger der Probanden zur Festlegung der Testbewegung nur durch die Rumpfbeugung erzeugt wurde und nicht durch eine aktive Armbewegung. Dies hätte dazu geführt, dass die Probanden eine unterschiedliche Bewegungsamplitude durchführen und so die Messergebnisse beeinflussen. Da Therapeut A diese Messung alleine durchführte und sich auf die richtige Anlage des Ultraschallkopfes während der Bewegung konzentrieren musste, gestaltete sich die Kontrolle der Bewegung schwierig. Aus diesem Grund wurden die Arme der Probanden mit einem Gurt am Oberkörper fixiert. Die Angabe genauer Anweisungen war trotzdem unbedingt notwendig.

Da sich das Handling mit der Ultraschallsonde während der Bewegung als sehr schwierig gestaltete und die Analyse der Faszienbewegung mit dem Cross Correlation Verfahren eine gute Qualität des Videos voraussetzt, wurde eine Schablone aus Moosgummi angefertigt, um ein Verrutschen der Sonde bei der Bewegung zu verhindern. Diese wurde, wie in der Studie von Langevin et al. (2011) 2 cm lateral, rechts neben dem Zwischenwirbelsraum der Segmente L1 und L2 angebracht, da an dieser Stelle die Faszie parallel zum Hautgewebe verläuft und somit am besten mit dem Ultraschall erfasst werden konnte. Durch die Anlage dieser Schablone, konnte die Ultraschallmessung einfacher gestaltet werden. Außerdem wurde das Verfahren pro Proband und Messzeitpunkt jeweils drei Mal durchgeführt, um zu gewährleisten, dass mindestens ein Video den Qualitätskriterien der Analyse entspricht.

Nach Betrachtung einiger Videos im Verlauf der Studie wurde festgestellt, dass sich die Faszien-schichten der FTL nicht gleichmäßig und zum Teil in unterschiedliche Richtungen verschieben. Da gegensätzliche Bewegungen der Faszie innerhalb eines ROIs (siehe Kapitel 3.2.4.2.2) zu einer Beeinflussung der Messergebnisse führen (Dilley et al. 2001) wurde von dem ursprünglichen Verfahren, bei dem drei ROIs für die Analyse der Faszienbewegung genutzt wurden, Abstand genommen. Stattdessen wurden sechs ROIs (drei für jede der zwei Faszien-schichten) in die Analyse der Bewegung aufgenommen.

Insgesamt lässt sich sagen, dass sich im Vergleich zu dem beschriebenen Vorgehen von Langevin et al. (2011), die Messung in dieser Studie als sehr aufwändig herausstellte. (JO)

5.3.4 Modifizierter, modifizierter Schober-Test

Der MMST wurde durchgeführt, um zu untersuchen, welche Veränderungen das Foam Rolling in Bezug auf die lumbale Flexion der Probanden hervorruft. Da Miller et al. (1992) gezeigt haben, dass der Schober-Test nicht ausreicht, um die Bewegung der gesamten LWS darzustellen, wurde die modifizierte Form des Tests verwendet. Der modifizierte Test wurde zudem von verschiedenen Autoren hinsichtlich seiner Gütekriterien überprüft. Die Ergebnisse dieser Überprüfungen führten dazu, dass dieses Messverfahren als reliabel und valide eingestuft wurde (siehe Kapitel 3.1.2.2).

Die Durchführung des MMSTs gestaltete sich unkompliziert. Dies konnte schon im Vorfeld mit einer Test-Rest Reliabilität von 0,78 bis 0,89 belegt werden. Die Probanden wurden dazu angeleitet, sich mit schulterbreit gespreizten Beinen aufrecht hinzustellen und die Arme locker neben dem Körper hängen zu lassen. Im Anschluss erfolgte die Aufforderung an die Probanden, sich langsam maximal nach vorne zu beugen und so die Fingerspitzen möglichst weit Richtung Boden zu bringen. Die Anleitung der Probanden war dabei immer identisch. Um auch für sehr bewegliche Probanden eine adäquate Messung zu gewährleisten, wurde die Messung in diesen Fällen auf einem Stepper ausgeführt. Um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch unsaubere Ausführungen des Tests zu vermeiden, wurde von Beginn an bei jedem Probanden besonders darauf geachtet, dass die Bewegung mit maximal gestreckten Knien ausgeführt wurde. Auch der Abstand der Füße zueinander wurde durch Markierungen am Boden gleich gehalten.

In diesem Fall reichte eine Messung pro Messzeitpunkt aus, da im Pretest der Studie keine Varianz der Messwerte beobachtet wurde. (AG)

5.3.5 Goniometrie

Für die Betrachtung der Veränderungen in der thoracolumbalen Flexion wurden zwei digitale Goniometer verwendet. Diese wurden auf Höhe der Dornfortsätze von S2 und C7, zentral am Rücken der Probanden befestigt. Bei der anschließenden Rumpfbeugung der Probanden wurden die Werte der beiden Goniometer notiert und voneinander subtrahiert, um einen aussagekräftigen Wert für die thoracolumbale Flexion zu erhalten (siehe Kapitel 3.1.2.3). Dieses Verfahren nutzten bereits Laudner et al. (2013), um die maximale thoracolumbale Flexion von Baseballspielern, mittels zweier Gravity Inclinometer, zu vergleichen. Die Gütekriterien der verwendeten digitalen Goniometer sind bisher nicht ausreichend getestet worden. Daher ist zurzeit nur bekannt, dass die Durchführung dieses Verfahrens mit normalen Goniometern oder Inklinometern eine gute Reliabilität und eine hohe Validität aufweist (siehe Kapitel 3.1.2.3).

Die Anwendung der digitalen Goniometer stellte sich zunächst als unkompliziert heraus. Die Goniometer wurden jeweils mit einem selbstklebenden Klettband direkt auf der Haut der Probanden angebracht. Die Ausführung des Tests entspricht den Anweisungen des MMSTs und war daher auch für die Probanden leicht verständlich und gut durchführbar. Beim Ablesen der Werte fiel auf, dass dies durch die digitale Anzeige wesentlich einfacher und genauer möglich ist, als bei einem handelsüblichen Goniometer.

Bei der Auswertung der endgültigen Ergebnisse musste jedoch festgestellt werden, dass die durchschnittlichen Werte der thoracolumbalen Flexion im Vergleich zu den Werten von Laudner et al. (2013) viel höher waren. Werte von 90° bis 100° für die thoracolumbale Flexion scheinen im Vergleich zu Werten von circa 50° (Laudner et al. 2013) nicht realistisch zu sein. Eine Begründung dieser Werte könnte aus der Befestigung der Messinstrumente an den Probanden hervorgehen. Es wird vermutet, dass durch die maximale Flexion der Probanden, die Messinstrumente nicht exakt auf dem Rücken der Probanden aufliegen konnten und somit Beeinflussungen der Werte ermöglicht wurden. Dadurch, dass bei maximaler Beugung die Dornfortsätze der Wirbel hervortreten, ist eine angemessene Fixierung der Goniometer nicht mehr möglich gewesen. Bei einer Beugung von 30°, wie für die Ultraschallaufnahmen durchgeführt, scheint dies nicht der Fall gewesen zu sein. Aus diesem Grund dieser Vermutung müssen diese Messergebnisse unter Vorbehalt betrachtet werden. Da die Messungen nur von Therapeut A durchgeführt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass der vermutete Messfehler bei allen Probanden in gleichem Maße aufgetreten ist, sodass die Veränderungen zwischen den beiden Messzeitpunkten trotzdem eine Aussagekraft für die Entwicklungen der thoracolumbalen Flexion

besitzen. In ergänzenden Studien sollte diese Herangehensweise dennoch überdacht werden. Auf Grund einer Varianz der Werte in dem durchgeführten Pretest, erfolgte diese Messung drei Mal. Über die Ermittlung eines Mittelwertes zwischen den drei Werten konnte die Varianz reduziert werden. (JO)

5.3.6 Algometrie

Die Untersuchung der Druckschmerzhaftigkeit der behandelten Muskelgruppen erfolgte mit der Hilfe eines Algometers. Auf diese Weise wurde überprüft, welche Auswirkungen das Foam Rolling auf die Muskelspannung hat. Dafür wurde das Algometer auf den jeweiligen Druckpunkt (siehe Kapitel 3.2.4.2.5) angelegt und langsam Druck aufgebaut. Die Probanden wurden dazu angeleitet genau zu dem Zeitpunkt, an dem sich der Druck in ein Schmerzgefühl verwandelt, ein Kommando zu geben. Erfolgte das Kommando wurde das Algometer abgesetzt und der Wert notiert. Wie bereits in Kapitel 3.1.2.4 beschrieben, stellt das Algometer ein reliables Messinstrument zur Untersuchung der Muskelspannung dar. Der Umgang mit dem Messinstrument war relativ unkompliziert. Laut der Aussage einiger Probanden ist es jedoch sehr schwierig genau die Grenze, an dem sich der Druck zu einem Schmerz verändert, anzugeben. Um damit verbundene Beeinflussungen der Messwerte zu vermeiden, wurde bei den folgenden Probanden, vor der eigentlichen Untersuchung mit dem Algometer, ein Test an der Extensorengruppe des Unterarmes durchgeführt.

Des Weiteren ist anzumerken, dass für diese Studie ein Algometer mit einem Maximalwert von 10 kg verwendet wurde. Bei der Durchführung der Untersuchungen wurde schnell deutlich, dass die Mechanosensitivität in einigen Fällen über dieser Grenze lag und somit nicht genau ermittelt werden konnte. In diesen Fällen wurde der Maximalwert von 10 kg notiert. Für weitere Studien mit einer ähnlichen Intention sollte eventuell ein anderes Algometer verwendet werden.

Da auch in diesem Fall in einem Test vor Beginn der Studie eine Varianz in den Werten zu beobachten war, wurde auch diese Messung für jeden Druckpunkt drei Mal durchgeführt und der Mittelwert ermittelt. (AG)

6. Fallstudie

Im folgenden Kapitel wird die Fallstudie, die, wie bereits erwähnt, als Ergänzung zu der randomisierten, kontrollierten Studie durchgeführt wurde, beschrieben. Die Intention besteht darin, neben den Aussagen über die kurzfristige Wirkung des Foam Rolling, auch den langfristigen Effekt zu berücksichtigen. (JO)

6.1 Einleitung

In Bezug auf die Wirkungsweise der Foam Roll stellt sich nicht nur die Frage, ob die Übungen einen kurzfristigen Effekt auf die Beweglichkeit der Faszien haben, sondern auch die langfristigen Auswirkungen der Übungen auf die Beschaffenheit der Faszien sind von Bedeutung.

Dies ergibt sich zunächst aus den Erkenntnissen über die Anatomie und Funktion der Faszien (siehe Kapitel 2.1.2). Untersuchungen der aktuellen Faszienforschung, wie die von Schleip et al. (2012a) unterstützen diese These ebenfalls. Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass sich die Wasserbindefähigkeit der Grundsubstanz von Faszien nach Dehnungen und einer anschließenden Ruhephase erhöht. Diese Beobachtung lässt den Schluss zu, dass Dehnungen und auch manuelle Behandlungstechniken nachhaltigen Einfluss auf die Struktur von Faszien haben können. Diese Annahme wird durch die aktuelle Literatur zum Thema Faszientraining und Faszienbehandlung bestätigt. Sowohl die Übungen mit der Blackroll, als auch spezielle Dehnübungen für das Faszientraining stützen sich auf die Aussage, dass Faszien trainierbar sind (Thömmes 2014:13). Auch Lukas (2012:25) behauptet, dass die Umbauprozesse der Kollagenfasern und der damit verknüpfte Erfolg des Faszientrainings einige Zeit in Anspruch nimmt. Aus diesem Grund sollte ein bis drei Mal in der Woche für 10 bis 20 Minuten mit der Foam Roll trainiert werden.

Auch in bereits durchgeführten Studien zum Thema Foam Rolling wurde dieser Langzeiteffekt berücksichtigt. In der Studie von Sherer (2013), die die Auswirkungen von Foam Roll Übungen auf die Dehnfähigkeit der Ischiocruralen Muskulatur untersuchte, wurden die Probanden dazu angeleitet die Übungen zwei Mal pro Woche, für vier Wochen durchzuführen. Die Ergebnisse wiesen im Anschluss eine signifikante Verbesserung des Sit-and-Reach Tests im Vergleich zu den Werten einer Kontrollgruppe auf.

Die Ergebnisse der randomisierten, kontrollierten Studie (siehe Kapitel 4) zeigen, dass hinsichtlich der Faszienbeweglichkeit bereits direkt nach den Übungen eine signifikante Verbesserung entsteht. Dagegen verbesserten sich die lumbale und thoracolumbale Flexion, sowie die Mechanosensitivität der behandelten Muskulatur nicht. Wie bereits in der Diskussion dieser Ergebnisse (siehe Kapitel 5.1) erwähnt, wird vermutet, dass eine Verbesserung der Faszienbeweglichkeit von ein bis zwei Millimetern nicht ausreicht, um auch bei der aktiven lumbalen und thoracolumbalen Flexion eine signifikante Veränderung zu begünstigen. Da die angegebene Literatur besagt, dass sich ein großer Effekt der Foam Roll Übungen erst nach einer gewissen Zeit zeigt, stellt es einen interessanten Aspekt dar, zu überprüfen, ob eine Verbesserung der aktiven Beweglichkeit und der Mechanosensitivität nach einem längeren Zeitraum und regelmäßiger Wiederholung der Übungen eintritt.

Es wird demnach, auf Grund der Ergebnisse der randomisierten, kontrollierten Studie, vermutet, dass die Faszienbeweglichkeit, nach einem langfristigen Training mit der Foam Roll, weiter ansteigt. Die Absicht der Fallstudie besteht darin die Beweglichkeitswerte von ausgewählten Probanden, gemessen nach den ersten Foam Roll Übungen und nach zusätzlichen Übungseinheiten über mehrere Wochen, zu vergleichen. Zu diesem Zweck wurden für zwei ausgewählte Probanden der Foam Roll Gruppe zwei zusätzliche Messzeitpunkte nach zwei und vier Wochen hinzugefügt. Diese Probanden haben die Foam Roll Übungen demnach regelmäßig über einen Zeitraum von vier Wochen durchgeführt. (JO)

6.2 Forschungsfrage/Hypothesen

In Bezug auf die langfristige Betrachtung der Auswirkungen des Foam Rollings auf die Beweglichkeit der FTL, sowie die weiteren Outcomes ergeben sich für die Fallstudie veränderte Hypothesen. Diese Hypothesen werden im Folgenden dargestellt.

Tabelle 22: Null- und Forschungshypothese der Fallstudie

<u>Primary Outcome</u>	
<u>Nullhypothese</u>	<u>Forschungshypothese</u>
OH1: Eine regelmäßige Anwendung der Foam Roll über einen Zeitraum von vier Wochen führt, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung, nicht zu einer weiteren Verbesserung der Beweglichkeit der FTL.	H1: Eine regelmäßige Anwendung der Foam Roll über einen Zeitraum von vier Wochen führt, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung, zu einer weiteren Verbesserung der Beweglichkeit der FTL.
<u>Secondary Outcome</u>	
<u>Nullhypothese</u>	<u>Forschungshypothese</u>
OH2: Hinsichtlich der lumbalen Flexion, bewirkt das regelmäßige Foam Rolling über einen Zeitraum von vier Wochen keine Verbesserung, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.	H2: Hinsichtlich der lumbalen Flexion, bewirkt das regelmäßige Foam Rolling über einen Zeitraum von vier Wochen, eine Verbesserung, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.
OH3: Die regelmäßige Durchführung der Foam Roll Übungen ergibt, bei der Analyse der thoracolumbalen Flexion, keine Verbesserung im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.	H3: Die regelmäßige Durchführung der Foam Roll Übungen ergibt, bei der Analyse der thoracolumbalen Flexion, eine Verbesserung im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.
OH4: Die Anwendung der Foam Roll über einen Zeitraum von vier Wochen führt nicht zu einer Verringerung der Mechanosensitivität, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.	H4: Die Anwendung der Foam Roll über einen Zeitraum von vier Wochen führt zu einer Verringerung der Mechanosensitivität, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.

<u>Secondary Outcome</u>	
<u>Nullhypothese</u>	<u>Forschungshypothese</u>
<u>0H5:</u> Im Bezug auf die Werte der VAS-Schmerzskala, führt die regelmäßige Durchführung der Foam Roll Übungen nicht zu einer Reduzierung der subjektiven Schmerzen während der Übungen, im Vergleich zum Beginn der Studie.	<u>H5:</u> Im Bezug auf die Werte der VAS-Schmerzskala, führt die regelmäßige Durchführung der Foam Roll Übungen zu einer Reduzierung der subjektiven Schmerzen während der Übungen, im Vergleich zum Beginn der Studie.

Tabellarische Darstellung der Null- und Forschungshypothese im Bezug auf das Primary und Secondary Outcome in der Fallstudie

(Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

6.3 Material

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Materialien und Messinstrumente beschrieben, die für die Erhebung der Messwerte genutzt wurden. Messinstrumente und Materialien, die bereits in der randomisierten, kontrollierten Studie eingesetzt wurden, um die kurzfristigen Auswirkungen von Übungen mit der Foam Roll zu analysieren, sind bereits in Kapitel 3 ausgiebig beschrieben und werden daher in diesem Teil der Arbeit nicht erneut besprochen. Dabei handelt es sich um das Ultraschallgerät, zu der Messung der Beweglichkeit der FTL, den MMST, der genutzt wurde um die lumbale Flexion zu ermitteln, die digitalen Goniometer, mit deren Hilfe die thoracolumbale Flexion untersucht wurde und das Algometer, mit dem die Mechanosensitivität bestimmter Punkte analysiert wurde. (AG)

6.3.1 Visuelle Analogskala

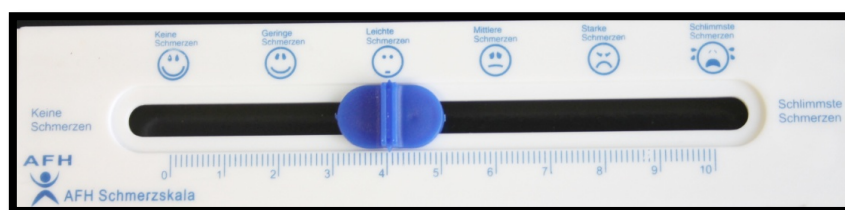
Als ergänzendes Messinstrument für die Fallstudie diente die visuelle Analogskala. Diese wurde verwendet, um das subjektive Schmerzempfinden der ausgewählten Probanden, während der jeweiligen Übungseinheiten mit der Foam Roll zu ermitteln.

In dieser Studie wurde eine Skala mit der Maßeinheit von 100 mm verwendet, um die Daten zu erheben. Auf der Vorderseite der genutzten Skala kann der Proband seinen Schmerz mit einem Schieber, anhand von sechs Smileys, die von „keine Schmerzen“ bis „schlimmste Schmerzen“ reichen, einordnen. Im Anschluss kann der Therapeut, auf der Rückseite der 100 mm Skala, die Schmerzintensität ablesen.

Die Gütekriterien der visuellen Analogskala wurden in verschiedenen Überprüfungen eingestuft, sodass dieses Messinstrument ein probates Mittel für die wissenschaftliche An-

wendung darstellt. Ein Literaturreview von Schomacher (2008) bestätigt dies. Die Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Reviews belegt, dass die visuelle Analogskala hinsichtlich der Messung von Schmerzempfindungen als valide und reliabel angesehen werden kann. Außerdem werden, auf Grund der Sensitivität dieses Messinstrumentes, auch geringe Veränderungen in den Schmerzwerten erfasst. Price et al. (1983) ermittelten für die Test-Retest Reliabilität einen Wert von $r=0,97$. In der genannten Studie wurden sowohl Werte für chronische Schmerzpatienten ermittelt, als auch die Reaktion auf thermale Reize überprüft. (AG)

Abbildung 35: Visuelle Analogskala



(Quelle: Eigene Darstellung)

6.4 Methode

In diesem Teil der Fallstudie wird das genaue Vorgehen während der Messungen beschrieben. Ebenso wie in Kapitel 6.3, wird auch in diesem Fall das Vorgehen mit den vier bereits beschriebenen Messinstrumenten, sowie die Durchführung der Intervention, nicht erläutert, da dies schon in Kapitel 3.2.4 ausführlich beschrieben wurde. Die Verwendung dieser Messinstrumente erfolgte demnach genauso, wie in den genannten Kapiteln der randomisierten, kontrollierten Studie beschrieben. (JO)

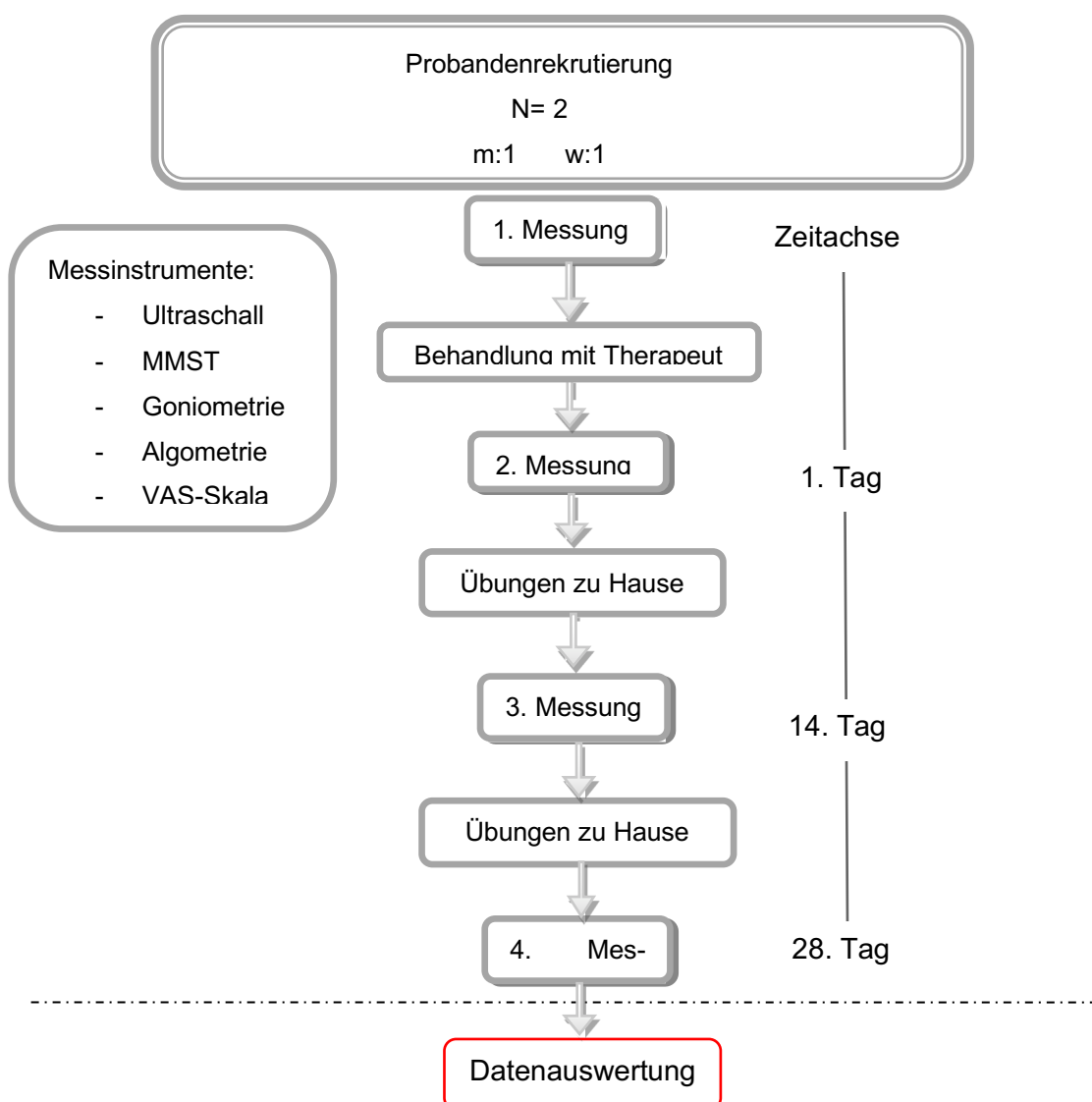
6.4.1 Literaturrecherche

Für diese Fallstudie wurde die bereits recherchierte Literatur verwendet. Die dazugehörigen Recherchen wurden bereits in Kapitel 3.2.1 ausführlich erklärt. (JO)

6.4.2 Studiendesign

Bei dem verwendeten Studiendesign handelt es sich um eine Fallstudie, welche von zwei ausgewählten Teilnehmern durchgeführt wurde. Zuvor haben diese ebenfalls an der randomisierten, kontrollierten Studie teilgenommen. Somit ist gewährleistet, dass in diesem Fall Werte der kurzfristigen Auswirkungen des Foam Rolling, mit den Werten der langfristigen Auswirkungen direkt verglichen werden können. (AG)

Abbildung 36: Flussdiagramm der Fallstudie zur Studiendurchführung



(Quelle: Eigene Darstellung)

6.4.3 Probanden

Für die Fallstudie wurde sowohl ein männlicher Proband, als auch eine weibliche Probandin aus der Foam Roll Gruppe der randomisierten, kontrollierten Studie ausgewählt. Die Auswahl der Probanden erfolgte zunächst nach dem Kriterium der Übungsumsetzung. Das bedeutet, dass die Probanden der Fallstudie danach ausgesucht wurden, wie gut sie die Anleitung der Therapeuten umgesetzt und die Übungen mit der Foam Roll durchgeführt haben. Außerdem wurde überprüft, ob die Faszienbewegung dieser Probanden in den Ultraschallvideos gut zu erkennen ist. Dadurch sollte eine möglichst genaue Datenauswertung sicher gestellt werden. Zuletzt erfolgte die Auswahl nach dem Interesse und der Motivation der Probanden für das Foam Rolling. Dies stellt einen wichtigen Punkt dar, um zu gewährleisten, dass die Probanden ihre Übungen zuverlässig über vier Wochen durchführen. Zuletzt wurde die Einwilligung der Probanden für diesen Studienteil eingeholt.

Die beiden Probanden bekamen jeweils eine Foam Roll gestellt, um die Übungen zu Hause durchzuführen. Zusätzlich erhielten die Probanden eine Anleitung mit den einzelnen Übungsabläufen. (AG)

6.4.4 Studiendurchführung

Die Studiendurchführung der Fallstudie entspricht zum größten Teil der Durchführung der randomisierten, kontrollierten Studie. Wie schon eingangs erwähnt, wurden die Messungen der vorangegangenen Studie, in dieser Fallstudie exakt genauso durchgeführt. Für die ausgewählten Probanden wurden zusätzliche Daten nach 14 und 28 Tagen erhoben.

An den zusätzlichen Messzeitpunkten mussten die Probanden jedoch, anders als in der randomisierten, kontrollierten Studie, die Übungen mit der Foam Roll nicht vor den Messungen durchführen. Da die Probanden die Übungen ohnehin zwei Mal pro Woche durchgeführt haben, wurde so verhindert, dass der Hydrationsstatus der Faszie kurz vor der Messung beeinflusst wurde (Schleip et al. 2012a). So wurde eine angemessene Regenerationszeit nach dem letzten Training eingehalten. (AG)

6.4.4.1 Visuelle Analogskala

Die Probanden führten die Foam Roll Übungen dann im Anschluss an die Messung durch. Während der Übungseinheit erfolgte die Abfrage der subjektiven Schmerzempfindung mit Hilfe der visuellen Analogskala. Zu diesem Zweck wurde der Schmerzwert für jede einzelne Übung (siehe Kapitel 3.2.4.1) erfasst. Dieses Vorgehen wurde für alle Messzeitpunkte (siehe Kapitel 6.4.2) wiederholt, um festzustellen, wie sich das subjektive Schmerzempfinden der Probanden während der Übung verändert, wenn diese die Übungen regelmäßig und über einen längeren Zeitraum durchführen. Es wurde demnach für jede Übung auf der VAS ein Wert zwischen 0 mm und 100 mm ermittelt. Anhand dieser Werte konnten im Anschluss Vergleiche zwischen den Messzeitpunkten gezogen werden. Für das subjektive Schmerzempfinden wurden drei Messzeitpunkte aufgeführt. (AG)

6.5 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der ergänzenden Fallstudie beschrieben. Wie bereits in der randomisierten, kontrollierten Studie, werden die Ergebnisse auch in diesem Fall nach den vier Messinstrumenten unterteilt, dargestellt. (JO)

6.5.1 Probanden (deskriptive Statistik)

Die männliche Testperson der Fallstudie ist 21 Jahre alt und macht derzeit eine Ausbildung zum Physiotherapeuten. Er ist 1,85 m groß und wiegt 88,8 kg. Daraus ergibt sich ein BMI von 25,95 kg/m². Die erfasste sportliche Aktivität pro Woche ergab einen Wert von 240 Minuten.

Die weibliche Testperson ist 22 Jahre alt und studiert Wirtschaftswissenschaften. Sie ist 1,78 m groß, bei einem Gewicht von 66,4 kg. Der BMI dieser Testperson beträgt 20,96 kg/m² und die wöchentliche Sportaktivität ergab einen Wert von 360 Minuten. (JO)

Die Daten sind in der Tabelle 23 dargestellt. Die Daten des Probanden können im Folgenden unter „Proband 1“ und die Daten der Probandin unter „Proband 2“ eingesehen werden.

Tabelle 23: Deskriptive Daten von den Probanden der Fallstudie

Geschlecht	m	w
Alter	21	22
Beruf	Auszubildender Physiotherapie	Studentin Wirtschafts- wissenschaften
Sportliche Aktivität in Minuten	240	360
Größe in m	1,85	1,78
Gewicht in kg	88,8	66,4
BMI in kg/m ²	25,95	20,96

Aufführung der deskriptiven Daten der Proband für die Fallstudie mit den Kriterien Geschlecht, Alter, Beruf, sportliche Aktivität in Minuten, Größe in m, Gewicht in kg und dem BMI in kg/m².
(Quelle: Eigene Darstellung)

6.5.2 Faszienbeweglichkeit (Cross Correlation nach Dr. Andrew Dilley)

H1: Eine regelmäßige Anwendung der Foam Roll über einen Zeitraum von vier Wochen führt, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung, zu **einer** weiteren Verbesserung der Beweglichkeit der FTL.

In Tabelle 24 ist die Entwicklung der Beweglichkeit der FTL im Verlauf von vier Wochen dargestellt. Es sind jeweils vier Messzeitpunkte angegeben. Zusätzlich wurde die Differenz zwischen den Ausgangswerten und den Messwerten, die nach vier Wochen erhoben wurden, ermittelt.

Proband 1 wies bei der Erhebung des Ausgangswertes für die Faszienbeweglichkeit eine Bewegung von 4,6489 mm auf. Diese ergab sich aus der Ultraschallaufnahme, die eine thoracolumbale Flexion von 30° zeigt. Direkt nach der beschriebenen Intervention mit der Foam Roll konnte eine Faszienbewegung von 5,1355 mm ermittelt werden. Dies entspricht einer Verbesserung von 0,4866 mm.

Nach zwei Wochen konnte eine Faszienbewegung von 7,5870 mm und nach vier Wochen eine Bewegung von 9,5986 mm festgestellt werden. Dadurch entsteht eine Differenz von 4,9497 mm zwischen dem ersten und dem letzten Messzeitpunkt, im Bezug auf die Beweglichkeit der FTL.

Für die Faszienbeweglichkeit von Proband 2 wurde zu Beginn der Studie ein Wert von 1,7022 mm ermittelt. Nach der ersten Übungseinheit mit der Foam Roll zeigte sich eine Bewegung von 3,0603 mm, was einer Veränderung von 1,3581 mm entspricht. Nach zwei Wochen regelmäßiger Nutzung der Foam Roll wurde eine Faszienbeweglichkeit von 6,3165 mm festgestellt. Zum letzten Messzeitpunkt, nach vier Wochen, wies Proband 2 eine Bewegung von 8,3769 mm auf. Die Differenz zwischen dem ersten und dem vierten Messzeitpunkt beträgt damit in diesem Fall 6,6747 mm.

Tabelle 24: Ergebnisse der Faszienbeweglichkeit in der Fallstudie

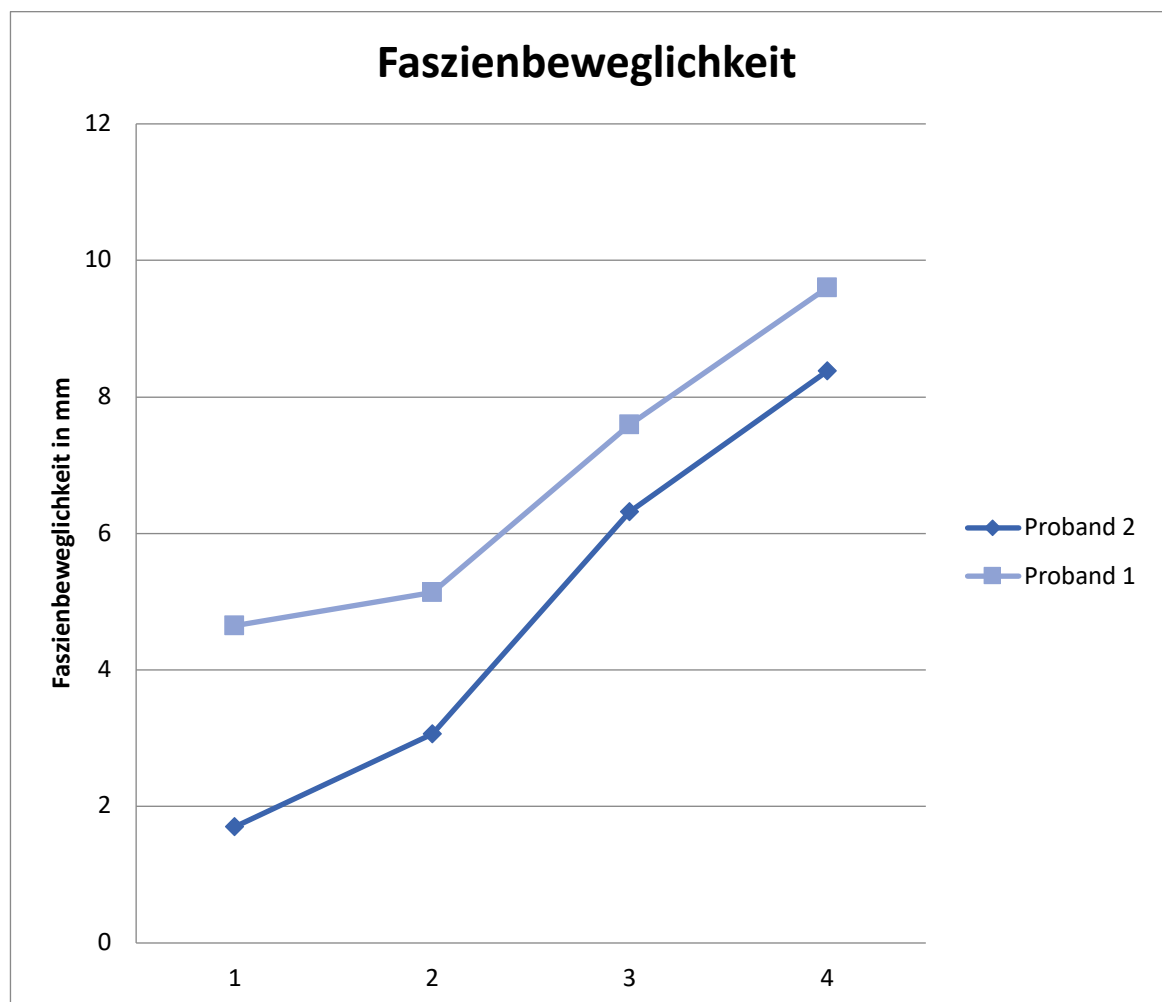
	Ausgangswert	2. Messung	3. Messung	4. Messung	Differenz
Proband 1	4,6489	5,1355	7,5870	9,5986	4,9497
Proband 2	1,7022	3,0603	6,3165	8,3769	6,6747

Tabelle mit den Ergebnissen der Faszienbeweglichkeit (mm) der Fallstudie. Es werden die Daten von dem ersten bis zum vierten Messzeitpunkt, sowie die Differenz zwischen dem Ausgangswert und der vierten Messung nach vier Wochen angegeben.

(Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 37 sind die Entwicklungen der Beweglichkeit der FTL grafisch dargestellt. Die x-Achse zeigt die vier Messzeitpunkte. Der erste Messzeitpunkt stellt den Ausgangswert der Faszienbeweglichkeit dar, der zweite Messzeitpunkt den Wert, der direkt nach der ersten Intervention ermittelt wurde, der dritte Messzeitpunkt erfolgte nach zwei und der vierte Messzeitpunkt nach vier Wochen. Die y-Achse zeigt die Beweglichkeit der FTL, gemessen in Millimetern. Die Grafik spiegelt den Anstieg der Faszienbeweglichkeit im Verlauf der Studie wieder.

Abbildung 37: Liniendiagramm - Ergebnisse der Faszienbeweglichkeit in der Fallstudie



Liniendiagramm mit dem Verlauf der Faszienbeweglichkeit (mm) von der ersten bis zur vierten Messung innerhalb von vier Wochen, beider Probanden.

(Quelle: Eigene Darstellung)

(JO)

6.5.3 Lumbale Flexion

H2: Hinsichtlich der lumbalen Flexion, bewirkt das regelmäßige Foam Rolling über einen Zeitraum von vier Wochen **eine** Verbesserung, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.

Die Veränderungen in der lumbalen Flexion der beiden Probanden, die mit dem MMST gemessen wurden, sind in Tabelle 25 dargestellt.

Für Proband 1 wurde mit dem MMST ein Ausgangswert von 7,3 cm ermittelt. Direkt nach der ersten Intervention mit der Foam Roll ergab sich ein Wert von 7,1 cm. Dies entspricht einer Reduzierung von 0,2 cm. Nach zwei Wochen konnte eine lumbale Flexion von 7,8 cm und nach vier Wochen ein Wert von 8,6 cm errechnet werden. Durch den Vergleich des Ausgangswertes mit dem Wert, der nach vier Wochen erhoben wurde, konnte eine Differenz von 1,3 cm festgestellt werden.

Proband 2 wies zu Beginn der Studie eine lumbale Flexion von 6,4 cm und nach dem ersten Durchgang mit der Intervention einen Wert von 6,2 cm auf. Die Differenz zwischen den ersten beiden Messzeitpunkten betrug demnach -0,2 cm. Nach zwei Wochen regelmäßiger Nutzung der Foam Roll konnte eine lumbale Flexion von 7,2 cm und nach vier Wochen ein Wert von 8,5 cm ermittelt werden. Die Differenz zwischen der ersten und der letzten Messung entspricht einem Anstieg von 2,1 cm.

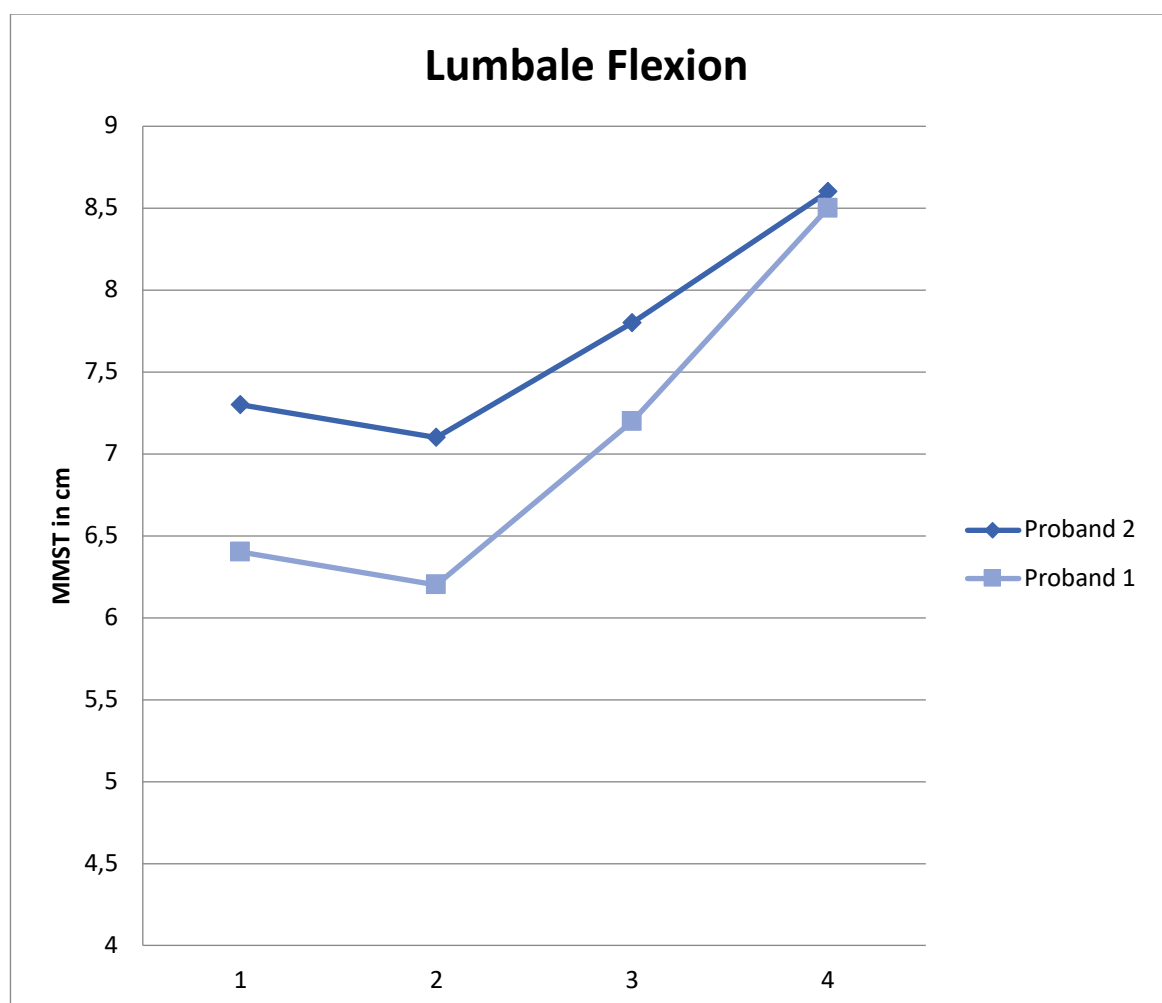
Tabelle 25: Ergebnisse der lumbalen Flexion in der Fallstudie

	Ausgangswert	2. Messung	3. Messung	4. Messung	Differenz
Proband 1	7,3	7,1	7,8	8,6	1,3
Proband 2	6,4	6,2	7,2	8,5	2,1

Tabelle mit den Ergebnissen der lumbalen Flexion (cm) der Fallstudie. Es werden die Daten von dem ersten bis zum vierten Messzeitpunkt, sowie die Differenz zwischen dem Ausgangswert und der vierten Messung nach vier Wochen angegeben.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 38 zeigt die bildliche Darstellung dieser Ergebnisse in einem Liniendiagramm. Die x-Achse stellt wiederum die vier Messzeitpunkte dar und die y-Achse zeigt die Werte der lumbalen Flexion in Zentimetern. Direkt nach der ersten Einheit mit der Foam Roll zeigt sich für beide Probanden eine geringe Reduzierung der Werte. Im Hinblick auf die Messzeitpunkte nach zwei und vier Wochen zeigt sich eine Erhöhung im Vergleich zu den Ausgangswerten.

Abbildung 38: Liniendiagramm - Ergebnisse der lumbalen Flexion in der Fallstudie



Liniendiagramm mit dem Verlauf der lumbalen Flexion (cm) von der ersten bis zur vierten Messung innerhalb von vier Wochen, beider Probanden.
(Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

6.5.4 Thoracolumbale Flexion

H3: Die regelmäßige Durchführung der Foam Roll Übungen ergibt, bei der Analyse der thoracolumbalen Flexion, **eine** Verbesserung, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.

In Tabelle 26 sind die Ergebnisse der thoracolumbalen Flexion der beiden Probanden dargestellt. Diese Werte wurden mit zwei digitalen Goniometern erhoben und in Grad angegeben (siehe Kapitel 3.2.4.2.4).

Zu Beginn der Studie wurde für Proband 1 ein Wert von 90,67° ermittelt. Bei der zweiten Messung, direkt nach den Übungen mit der Foam Roll, wurde ein Wert von 87,67° berechnet. Dies entspricht einer Reduzierung der thoracolumbalen Flexion von 3°. Beim zweiten Messzeitpunkt nach zwei Wochen wurde eine Flexion von 70,33° und nach vier Wochen ein Wert von 79° festgestellt. Die Differenz zwischen dem ersten und dem letzten Messzeitpunkt beträgt demnach -11,67°.

Bei Proband 2 wurde ein Ausgangswert von 79,33° für die thoracolumbale Flexion ermittelt. Direkt nach der ersten Intervention betrug die Flexion 76,33°. Demnach zeigte sich zunächst eine Differenz von -3°. Für den dritten Messzeitpunkt wurde ein Wert von 74,33° und für den letzten Messzeitpunkt, nach vier Wochen, ein Wert von 81,33° berechnet. Die Veränderung zwischen dem ersten und dem letzten Messzeitpunkt entspricht demnach einem Anstieg von 2°.

Tabelle 26: Ergebnisse der thoracolumbalen Flexion in der Fallstudie

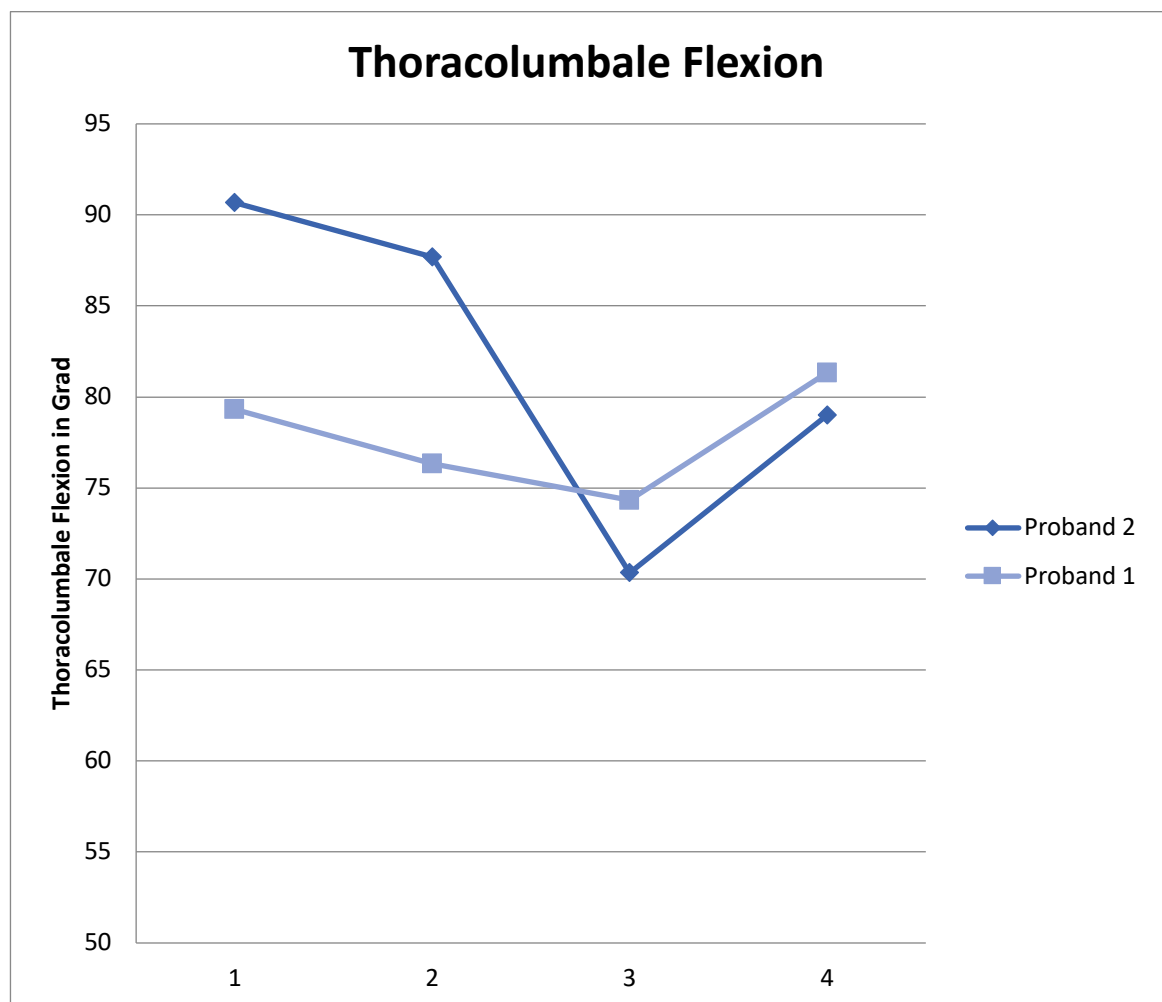
	Ausgangswert	2. Messung	3. Messung	4. Messung	Differenz
Proband 1	90,67	87,67	70,33	79,00	-11,67
Proband 2	79,33	76,33	74,33	81,33	2

Tabelle mit den Ergebnissen der thoracolumbalen Flexion (Grad) der Fallstudie. Es werden die Daten von dem ersten bis zum vierten Messzeitpunkt, sowie die Differenz zwischen dem Ausgangswert und der vierten Messung nach vier Wochen angegeben.

(Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 39 sind die Entwicklungen der Werte für die thoracolumbale Flexion grafisch dargestellt. Die x-Achse zeigt die vier Messzeitpunkte und die y-Achse stellt die thoracolumbale Flexion, gemessen in Grad, dar. Das Liniendiagramm zeigt für beide Probanden eine Reduzierung der thoracolumbalen Flexion innerhalb der ersten zwei Wochen. Nach vier Wochen kommt es wieder zu einem Anstieg der Werte. Die Werte von Proband 1 liegen nach dem letzten Messzeitpunkt unter dem Ausgangswert und die von Proband 2 über dem Ausgangsniveau.

Abbildung 39: Liniendiagramm - Ergebnisse der thoracolumbalen Flexion in der Fallstudie



Liniendiagramm mit dem Verlauf der thoracolumbalen Flexion (Grad) von der ersten bis zur vierten Messung innerhalb von vier Wochen, beider Probanden.

(Quelle: Eigene Darstellung)

(JO)

6.5.5 Mechanosensitivität

H4: Die Anwendung der Foam Roll über einen Zeitraum von vier Wochen führt zu **einer** Verringerung der Mechanosensitivität, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.

In den Tabellen 27 und 28 sind die Werte, die die Veränderungen der Mechanosensitivität der beiden Probanden wiedergeben, aufgelistet. Die Mechanosensitivität wurde mit einem Algometer gemessen und in Kilogramm pro Quadratzentimeter angegeben. Es wurden Druckpunkte der Mm. multifidii, des M. longissimus thoracis und des M. latissimus dorsi im Seitenvergleich gemessen. Es sind sowohl die einzelnen Werte der vier Messzeitpunkte, als auch die Differenzen zwischen der ersten und der letzten Messung angegeben.

Die Messung der Mechanosensitivität von Proband 1 ergab zwischen den ersten beiden Messzeitpunkten überwiegend eine geringe Reduktion bezüglich der Sensibilität der Druckpunkte. Nur die Druckpunkte des rechten M. longissimus thoracis und des rechten M. latissimus dorsi ergab eine leichter Erhöhung der Mechanosensitivität. Die Betrachtung der Veränderungen zwischen der ersten und der letzten Messung ergab für alle Druckpunkte eine Reduzierung der Werte. Diese liegen in einem Bereich von 0,93 kg/cm² bis 2,66 kg/cm² und können aus Tabelle 27 entnommen werden.

Tabelle 27: Ergebnisse der Mechanosensitivität von Proband 1

Muskel	Ausgangs- wert	2. Messung	3. Messung	4. Messung	Diffe- renz
M multifidius re	7,43	8,13	8,9	8,6	1,17
M. multifidius li	8,4	8,4	8,3	9,67	1,27
M. longissimus re	8,07	7,67	8,9	9,43	1,36
M. longissimus li	9,07	9,73	9,63	10	0,93
M. latissimus dorsi re	5,93	5,3	5,97	7,1	1,17
M. latissimus dorsi li	3,9	4,93	6,33	6,63	2,66

Tabelle mit den Ergebnissen der Mechanosensitivität (kg/cm²) von Proband 1. Es werden die Daten von dem ersten bis zum vierten Messzeitpunkt, sowie die Differenz zwischen dem Ausgangswert und der vierten Messung nach vier Wochen angegeben.

(Quelle: Eigene Darstellung)

Proband 2 wies, direkt nach der ersten Einheit mit der Foam Roll, für fast alle Druckpunkte eine erhöhte Mechanosensitivität auf. Nur die Druckempfindlichkeit des linken M. latissimus dorsi nahm um $0,8 \text{ kg/cm}^2$ ab. Die Differenzen zwischen dem ersten und dem letzten Messzeitpunkt zeigen, mit Ausnahme der linken Mm. multifidii (Differenz = 0) eine Verringerung der Mechanosensitivität. Die Veränderungen liegen in einem Bereich zwischen 0 kg/cm^2 und $2,17 \text{ kg/cm}^2$ und können aus Tabelle 28 abgelesen werden.

Tabelle 28: Ergebnisse der Mechanosensitivität von Proband 2

Muskel	Ausgangswert	2. Messung	3. Messung	4. Messung	Differenz
M multifidius re	9,57	8,1	9,57	10	0,43
M. multifidius li	10	7,5	9,37	10	0
M. longissimus re	9,6	8,53	9,93	10	0,4
M. longissimus li	9,97	9,17	9,73	10	0,03
M. latissimus dorsi re	5,87	5,27	4,8	6,27	0,4
M. latissimus dorsi li	3,5	4,43	3,97	5,67	2,17

Tabelle mit den Ergebnissen der Mechanosensitivität (kg/cm^2) von Proband 2. Es werden die Daten von dem ersten bis zum vierten Messzeitpunkt, sowie die Differenz zwischen dem Ausgangswert und der vierten Messung nach vier Wochen angegeben.

(Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

6.5.6 Subjektives Schmerzempfinden

H5: Im Bezug auf die Werte der VAS-Schmerzskala, führt die regelmäßige Durchführung der Foam Roll Übungen zu **einer** Reduzierung der subjektiven Schmerzen während der Übungen, im Vergleich zum Beginn der Studie.

Die Schmerzen, die die beiden Probanden während den Übungen mit der Foam Roll, durch den entstehenden, mechanischen Druck, verspürten, wurden durch die visuelle Analogskala ermittelt (siehe Kapitel 6.3.1 und 6.4.4.1). Die Schmerzintensität wurde für jede einzelne Foam Roll Übung zwischen Werten von 0 mm bis 100 mm eingeordnet. Es sind sowohl die einzelnen Werte der verschiedenen Messzeitpunkte, als auch die Differenzen zwischen der ersten und der letzten Messung angegeben.

Die Ergebnisse von Proband 1 sind in der Tabelle 29 dargestellt. Diese zeigen überwiegend eine Verringerung der Schmerzintensität. Die Schmerzwerte, bezüglich der Übungen für die Gesäßmuskulatur und für die gesamte Rückenmuskulatur, zeigen im Verlauf der vier Wochen eine Reduzierung von 8 mm bis 35 mm. Die geringste Veränderung wurde bei der Übung für den oberen Rücken (8 mm) und die größte Veränderung bei der Übung für den unteren Rücken, ohne Abstützen (35 mm), erzielt.

Dagegen hat die Schmerzintensität bei den Übungen für den seitlichen Rumpf bzw. für den M. latissimus dorsi auf beiden Seiten um 6 mm und 11 mm zugenommen.

Tabelle 29: Ergebnisse der VAS-Werte von Proband 1

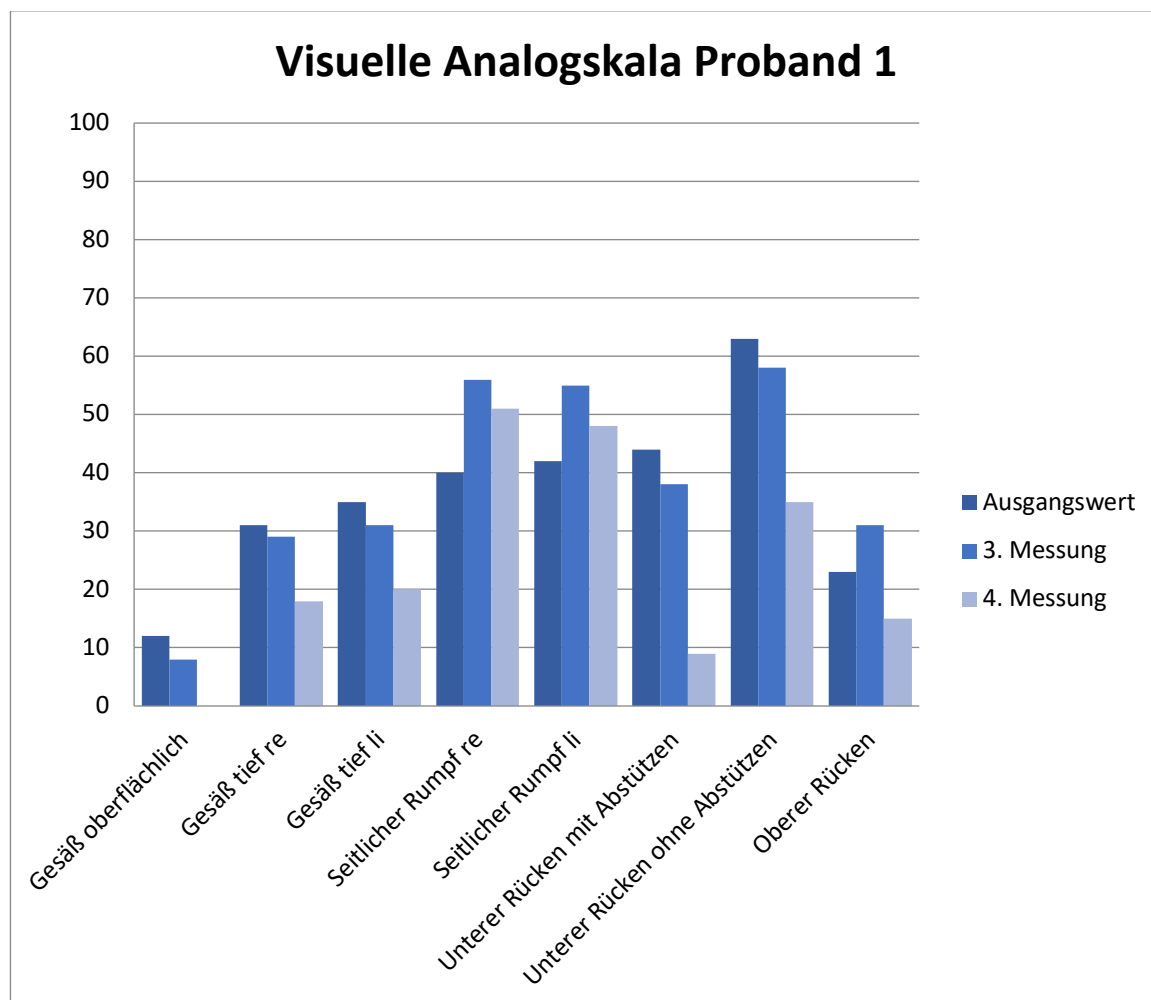
	1. Tag	14. Tag	28. Tag	Differenz
Gesäß oberflächlich	12	8	0	-12
Gesäß tief re	31	29	18	-13
Gesäß tief li	35	31	20	-15
Seitlicher Rumpf re	40	59	51	11
Seitlicher Rumpf li	42	55	48	6
Unterer Rücken mit Abstützen	44	38	9	-35
Unterer Rücken ohne Abstützen	63	58	35	-28
Oberer Rücken	23	31	15	-8

Tabelle mit den Ergebnissen der subjektiven Schmerzempfindung (mm) von Proband 1. Es werden die Daten von dem 1. Tag, dem 14. Tag und dem 28. Tag, sowie die Differenz zwischen dem 1. Tag und dem 28. Tag angegeben.

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die angesprochenen Werte für die Schmerzveränderungen sind in Abbildung 40 grafisch dargestellt. Die x-Achse zeigt die einzelnen Übungen und die y-Achse stellt die Werte der visuellen Analogskala in Millimetern dar. Es sind pro Übung drei Balken für die drei Messzeitpunkte zu sehen.

Abbildung 40: Balkendiagramm - Ergebnisse der VAS-Werte von Proband 1



Balkendiagramm mit dem Verlauf der VAS-Werte (mm) vom 1. Tag (Ausgangswert), 14. Tag (3. Messung) und 28. Tag (4. Messung) von Proband 1.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Werte der subjektiven Schmerzempfindung von Proband 2 sind der Tabelle 30 zu entnehmen. Diese zeigen für alle Übungen eine Reduzierung der Schmerzen zwischen der ersten und der letzten Messung. Je nach Übung wurden Verringerung zwischen 2 mm und 36 mm auf der Schmerzskala festgestellt. Die geringste Veränderung von 2 mm ergab sich auch in diesem Fall bei der Übung für den unteren Rücken und die größte Veränderung zeigte sich bei der Übung für die rechte, tiefe Gesäßmuskulatur (36 mm).

Tabelle 30: Ergebnisse der VAS-Werte Proband 2

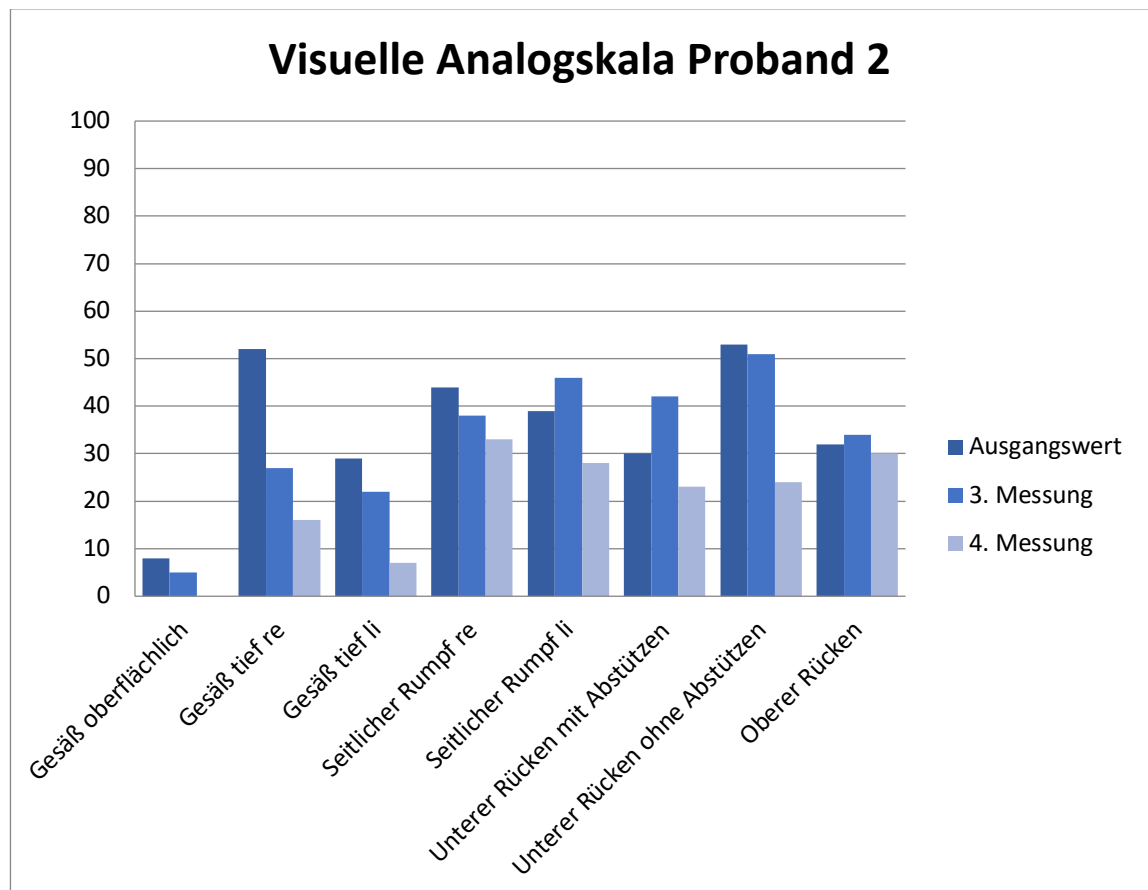
Bereich Rollout	1. Tag	14. Tag	28. Tag	Differenz
Gesäß oberflächlich	8	5	0	-8
Gesäß tief re	52	27	16	-36
Gesäß tief li	29	22	7	-22
Seitlicher Rumpf re	44	38	33	-11
Seitlicher Rumpf li	39	46	28	-11
Unterer Rücken mit Abstützen	30	42	23	-7
Unterer Rücken ohne Abstützen	53	51	24	-29
Oberer Rücken	32	34	30	-2

Tabelle mit den Ergebnissen der subjektiven Schmerzempfindung (mm) von Proband c. Es werden die Daten von dem 1. Tag, dem 14. Tag und dem 28. Tag, sowie die Differenz zwischen dem 1 Tag und dem 28. Tag angegeben.

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die beschriebenen Schmerzwerte sind in Abbildung 41 grafisch in einem Balkendiagramm dargestellt. Die x-Achse zeigt die einzelnen Übungen und die y-Achse stellt die Werte der visuellen Analogskala in Millimetern dar. Es sind pro Übung drei Balken für die drei Messzeitpunkte zu sehen.

Abbildung 41: Balkendiagramm - Ergebnisse der VAS-Werte von Proband 2



Balkendiagramm mit dem Verlauf der VAS-Werte (mm) vom 1. Tag (Ausgangswert), 14. Tag (3. Messung) und 28. Tag (4. Messung) von Proband 2.
(Quelle: Eigene Darstellung)

(AG)

6.6 Diskussion

Im folgenden Abschnitt dieser Arbeit erfolgt die kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der Fallstudie (siehe Kapitel 6.5). Außerdem werden die genutzten Materialien und das Vorgehen, bezüglich der Methoden, diskutiert (siehe Kapitel 6.3 und Kapitel 6.4). Da die Messungen dieser Fallstudie, bis auf die Erhebung des subjektiven Schmerzempfindens mit Hilfe der visuellen Analogskala, identisch mit denen der randomisierten, kontrollierten Studie sind, werden in diesem Diskussionsteil nur die neu erlangten Erkenntnisse der Fallstudie kritisch betrachtet. Die Diskussionsabschnitte der beiden Studien sind demnach eng verknüpft, sodass dieses Kapitel als Ergänzung des Diskussionsteils der randomisierten, kontrollierten Studie gesehen werden kann (siehe Kapitel 5). (JO)

6.6.1 Ergebnisdiskussion

In diesem Teil der Diskussion werden die wichtigsten Ergebnisse der Fallstudie aufgegriffen und besprochen. Die Ergebnisdiskussion ist demnach nach den fünf Messinstrumenten unterteilt. Abschließend wird ein Bezug der Ergebnisse zu den Hintergrundthemen (siehe Kapitel 2) und zu den Ergebnissen der randomisierten, kontrollierten Studie (siehe Kapitel 4) hergestellt, sowie die Bedeutung für die Praxis und weitere Forschungen besprochen. (JO)

6.6.1.1 Faszienbeweglichkeit (Cross Correlation Software nach Dr. Andrew Dilley)

Die Untersuchung der Faszienbeweglichkeit der beiden Probanden, über einen Zeitraum von vier Wochen, hat gezeigt, dass die Beweglichkeit der FTL kontinuierlich zugenommen hat. Schon nach der ersten Übungseinheit mit der Foam Roll konnte eine Verbesserung der Faszienbeweglichkeit festgestellt werden. Direkt nach dem ersten Training konnte bei Proband 1 eine Verbesserung von 0,4866 mm und bei Proband 2 eine Verbesserung von 1,3581 mm beobachtet werden. Im Vergleich dazu zeigten sich, nach regelmäßiger Durchführung der Foam Roll Übungen über vier Wochen, weitere Verbesserungen der Faszienbeweglichkeit für beide Probanden. Proband 1 wies nach vier Wochen eine Faszienbeweglichkeit von 9,5986 mm auf. Im Vergleich zu dem Ausgangswert von 4,6489 mm, entspricht dies einer Verbesserung von 4,9497 mm.

Bei Proband 2 zeigte sich nach vier Wochen eine Beweglichkeit von 8,3769 mm. Gegenüber dem Ausgangswert von 1,7022 mm konnte in diesem Zeitraum eine Verbesserung

von 6,6747 mm festgestellt werden. Außerdem liegen diese Werte der Langzeitbetrachtung jeweils deutlich über der errechneten durchschnittlichen Verbesserung von 1,7915 mm (siehe Kapitel 4.2), die in der Foam Roll Gruppe der randomisierten, kontrollierten Studie beobachtet wurde.

Die Forschungshypothese (**H1**: *Eine regelmäßige Anwendung der Foam Roll über einen Zeitraum von vier Wochen führt, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung, zu einer weiteren Verbesserung der Beweglichkeit der FTL.*) konnte daher bestätigt werden. Die Übungen mit der Foam Roll haben demnach nicht nur einen kurzfristigen Effekt auf die Beweglichkeit der FTL, regelmäßig angewendet und über einen längeren Zeitraum betrachtet, führen sie zu einer weiteren Erhöhung der Faszienbeweglichkeit. Dies bestärkt die These von Lukas (2012:25) die besagt, dass ein großer Effekt, hinsichtlich der Beweglichkeit von Muskeln und Faszien, erst nach regelmäßigem Faszientraining mit der Foam Roll über einen längeren Zeitraum sichtbar wird.

Es ist demnach möglich, dass das Foam Rolling, über eine kurzfristige Beeinflussung der Grundsubstanz (Barnes 1997) und eine Inhibition der Muskulatur durch die Aktivierung der Golgi-Sehnen Organe (Schleip 2003, zitiert nach Ward 1993) hinaus, einen Umbauprozess der kollagenen Fasern im Bindegewebe forciert und somit eine verbesserte Beweglichkeit der Faszie bewirkt. Die Ergebnisse bestätigen außerdem, die Aussage von Thömmes (2014:30), die besagt, dass das Foam Rolling verklebte Faszienstrukturen löst und darüber hinaus die Hydratation des Bindegewebes verbessern kann, sodass ein besseres Gleitverhalten der Faszien unterstützt wird.

Dies steht im engen Zusammenhang mit den Ergebnissen der Studie von Schleip et al. (2012a) in der nach einer Dehnung von verschiedenen Fasziengeweben und einer anschließenden Ruhephase eine verbesserte Hydratation der Faszie festgestellt wurde. Diese Beobachtungen können demnach ebenso unterstützt werden.

Wie bereits erwähnt, sind weitere Studien nötig, um festzustellen, ob eine Durchführung der Übungen über einen Zeitraum von mehr als vier Wochen, eine weitere Verbesserung der Faszienbeweglichkeit möglich wird. Ebenso muss die Beständigkeit dieses Effektes überprüft werden. (JO)

6.6.1.2 Lumbale Flexion

Bezüglich der lumbalen Flexion, gemessen durch den MMST, konnte ein Unterschied zwischen den Werten, die nach der ersten Übungseinheit erhoben wurden und denen, die nach vier Wochen ermittelt wurden, festgestellt werden. Nach dem ersten Training mit der Foam Roll wurde sowohl bei Proband 1, als auch bei Proband 2 eine geringe Reduzierung der lumbalen Flexion von 0,2 cm beobachtet. Wie bereits beschrieben, konnte hierbei nicht von einer nennenswerten Veränderung ausgegangen werden. Im Vergleich dazu zeigte die Messung nach vier Wochen bei Proband 1 eine Verbesserung der lumbalen Flexion von ursprünglich 7,3 cm auf 8,6 cm. Dies entspricht einer Veränderung von 1,3 cm. Bei Proband 2 zeigte sich im Vergleich zum Ausgangswert von 6,4 cm sogar eine Verbesserung von 2,1 cm. Der Wert des MMSTs lag in diesem Fall nach vier Wochen bei 8,5 cm.

Im Gegensatz zu den Werten der kurzfristigen Betrachtung (siehe Kapitel 4.3), konnte bei beiden Probanden, im Bezug auf den ermittelten MDC des MMSTs von einem Zentimeter (Tousignant et al. 2005), nach vier Wochen eine nennenswerte Verbesserung der lumbalen Flexion beobachtet werden.

Die Forschungshypothese (**H3**: *Die regelmäßige Durchführung der Foam Roll Übungen ergibt, bei der Analyse der thoracolumbalen Flexion, eine Verbesserung, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.*) konnte daher angenommen werden.

In der kritischen Betrachtung der nicht signifikanten Veränderungen der lumbalen Flexion, die aus der kurzfristigen Betrachtung der randomisierten, kontrollierten Studie hervorgingen (siehe Kapitel 5.1.2), wurde die Begründung angeführt, dass die festgestellte Verbesserung der Faszienbeweglichkeit in der Foam Roll Gruppe, von durchschnittlich ein bis zwei Millimetern nicht ausreichte, um eine verbesserte aktive Beweglichkeit der Wirbelsäule zu fördern. Diese Begründung kann nun durch die Ergebnisse der Fallstudie unterstützt werden. Bei Betrachtung aller Ergebnisse fällt auf, dass erst dann eine nennenswerte Verbesserung der lumbalen Flexion eingetreten ist, als sich eine weitere Verbesserung der Faszienbeweglichkeit, über das vermeintlich geringe Niveau von ein bis zwei Millimetern hinaus, ergeben hat. Es kann demnach vermutet werden, dass die maximale lumbale Flexion mit der Verbesserung der Faszienbeweglichkeit zusammenhängt. Andere Studien wie zum Beispiel die von MacDonald et al. (2014), in der ein erhöhtes Bewegungsausmaß der Hüfte nach dem Foam Rolling beobachtet wurde, können durch die Ergebnisse dieser Fallstudie ebenfalls unterstützt werden.

Da auf Grund der unterschiedlichen Studienpopulationen kein aussagekräftiger Vergleich zwischen den Werten der kurzfristigen Betrachtung und denen der langfristigen Betrachtung hergestellt werden kann, erscheinen weiterführende Studien sinnvoll. In diesen könnten die langfristigen Wirkungen des Foam Rolling an einer größeren Studienpopulation getestet werden, um anschließend eine statistische Korrelation zwischen der Faszienbeweglichkeit und der aktiven Bewegung berechnen zu können. (AG)

6.6.1.3 Thoracolumbale Flexion

Die Untersuchung der langfristigen Wirkung, der Foam Roll Übungen, auf die thoracolumbale Flexion lieferte bisher widersprüchliche Ergebnisse. Proband 1 wies nach vier Wochen und regelmäßigen Anwendungen der Foam Roll eine Reduzierung der thoracolumbalen Flexion von 11,67° auf. Bei Proband 2 zeigte sich dagegen zwischen dem ersten und dem letzten Messzeitpunkte eine geringe Verbesserung von 2°. Direkt nach der ersten Trainingseinheit wurde bei beiden Probanden noch eine Verringerung der Flexion von jeweils 3° festgestellt. Es konnte außerdem eine Reduzierung der Werte bis zum dritten Messzeitpunkt nach zwei Wochen beobachtet werden, bevor die Werte bei der letzten Messung wieder leicht anstiegen.

Auf Grund dieser widersprüchlichen Verläufe der Werte wurde die Forschungshypothese (**H3:** *Die regelmäßige Durchführung der Foam Roll Übungen ergibt, bei der Analyse der thoracolumbalen Flexion, eine Verbesserung, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung, direkt nach der ersten Übungseinheit mit der Foam Roll.*) abgelehnt. Ein Erklärungsansatz für diese Veränderungen wurde bereits in der kritischen Betrachtung der randomisierten, kontrollierten Studie angesprochen (siehe Kapitel 5.3.5). Auf Grund dessen, dass die Werte, die mit den digitalen Goniometern gemessen wurden, generell viel zu hoch erscheinen, werden Fehler bei der Durchführung dieser Messung vermutet. Dies geht aus den Vergleichswerten von Laudner et al. (2013) hervor. In diesem Zusammenhang wurde die These aufgestellt, dass beide Goniometer, während der Ausführung der maximalen thoracolumbalen Flexion, nicht exakt auf dem Rücken der Probanden aufliegen konnten, sodass eine Beeinflussung der Werte möglich wurde. (JO)

6.6.1.4 Mechanosensitivität

Die langfristige Betrachtung der Mechanosensitivität, behandelter Muskeln, zeigt tendenziell eine Verringerung der Druckempfindlichkeit nach vier Wochen (siehe Kapitel 6.5.5). Auf Grund dieser Beobachtung kann auf eine verringerte Muskelspannung geschlossen werden.

Je nach betrachtetem Druckpunkt konnte bei der Untersuchung von Proband 1 eine Erhöhung aller Werte beobachtet werden. Diese Werte, die die Mechanosensitivität der Druckpunkte nach vier Wochen beschreiben, zeigen eine Erhöhung von 0,93 kg/cm² bis zu 2,66 kg/cm², im Vergleich zu den gemessenen Ausgangswerten. Die Sensibilität der Druckpunkte hat sich demnach verringert.

Bei der Untersuchung von Proband 2 konnte ebenfalls eine Reduzierung für fast alle Werte beobachtet werden. In diesem Fall waren die Werte des Algometers je nach Druckpunkt um 0,03 kg/cm² bis 2,17 kg/cm² höher als das Ausgangsniveau. Nur die Untersuchung der linken Mm. multifidii zeigte in diesem Fall keine Veränderung.

Die Forschungshypothese (**H4:** *Die Anwendung der Foam Roll über einen Zeitraum von vier Wochen führt zu **einer** Verringerung der Mechanosensitivität, im Vergleich zu den Werten der Kurzzeitbetrachtung.*) konnte nach Betrachtung dieser Ergebnisse angenommen werden.

Die langfristigen Veränderungen der Mechanosensitivität bestätigen die Vermutung, die bereits in der Diskussion der kurzfristigen Veränderungen (siehe Kapitel 5.1.4) beschrieben wurde. Direkt nach der ersten Trainingseinheit mit der Foam Roll hatte sich zunächst eine Erhöhung der Mechanosensitivität abgezeichnet. Die Begründung dafür wurde in der Reizung der Nozizeptoren gesehen. Dies kann, wie es auch von Xu et al. (2010) beschrieben, kurzfristig zu einer erhöhten Druckschmerzhaftigkeit der Muskulatur führen. Im Gegensatz dazu zeigt sich durch die regelmäßige Anwendung der Übungen über einen längeren Zeitraum, eine Verringerung der Mechanosensitivität. Diese Beobachtung stimmt mit den Ergebnissen von Pearcey et al. (2014) überein. In dieser Studie wurde ebenfalls eine verringerte Mechanosensitivität und damit eine geringere Muskelspannung nach dem Foam Rolling festgestellt.

Die Ergebnisse der langfristigen Beobachtungen können auch damit begründet werden, dass vor den Messungen nach zwei und vier Wochen keine Übungen mit der Foam Roll durchgeführt wurden, sodass es zu keiner kurzfristigen Irritation der Nozizeptoren unmittelbar vor der Messung gekommen ist.

Abschließend lässt sich sagen, dass das Foam Rolling eine Möglichkeit darstellt, um die Mechanosensitivität von Muskeln, bzw. die Muskelspannung herabzusetzen. Kurz nach den Übungen kann es jedoch, durch eine verstärkte Nozizeptorenaktivität, zunächst zu einer erhöhten Drucksensibilität kommen. (AG)

6.6.1.5 Subjektives Schmerzempfinden

Bei der Untersuchung der subjektiven Schmerzintensität der Probanden, während der einzelnen Übungen, konnte im Verlauf der Fallstudie eine Reduzierung der Werte auf der visuellen Analogskala beobachtet werden. Proband 1 gab bei der letzten Messung je nach Muskel eine Verringerung der Schmerzen von 8 mm bis 35 mm gegenüber der ersten Messung an. Die Schmerzhaftigkeit der Übungen, hat damit über den Zeitraum von vier Wochen stetig abgenommen. Eine Ausnahme stellen hierbei die Untersuchungsergebnisse zu den Übungen für die linke und rechte Rumpfmuskulatur (M. latissimus dorsi) dar. Hinsichtlich dieser Übungen wurde nach vier Wochen ein erhöhtes subjektives Schmerzempfinden von 6 mm bzw. 11 mm festgestellt.

Bei Proband 2 konnte dagegen für alle Übungen eine reduzierte Schmerzintensität von 2 mm bis 36 mm beobachtet werden. Daher konnte die Forschungshypothese (**H5: In Bezug auf die Werte der VAS-Schmerzskala, führt die regelmäßige Durchführung der Foam Roll Übungen zu einer Reduzierung der subjektiven Schmerzen während der Übungen, im Vergleich zum Beginn der Studie.**) bestätigt werden.

Dies stimmt mit den Ergebnissen der Algometrie überein (siehe Kapitel 6.6.5). Das subjektive Schmerzempfinden während der Übungen kann zwar nicht mit der quantitativen Messung der Druckschmerzen, hervorgerufen durch einen mechanischen Druck, gleichgesetzt werden, jedoch liegt es nahe, dass eine reduzierte Muskelspannung auch zu einer geringen subjektiven Schmerzwahrnehmung, während der Übungen, führt.

Die Ergebnisse von MacDonald et al. (2014), die eine reduzierte Spannung der hüftumgreifenden Muskulatur nach dem Foam Rolling zeigten, stimmen demnach mit den Ergebnissen dieser Fallstudie überein. (AG)

6.6.2 Methodendiskussion

Auf Grund des ähnlichen Inhaltes und Vorgehens in der Fallstudie im Vergleich zu der randomisierten, kontrollierten Studie, wurden die wichtigsten Aspekte der Methodendiskussion bereits in Kapitel 5.2 besprochen.

Im Bezug auf die Stichprobe, muss jedoch zusätzlich erwähnt werden, dass das Vorgehen dieser Fallstudie durch weitere Studien mit einer größeren Studienpopulation wiederholt werden muss, um die angestellten Vermutungen hinsichtlich der langfristigen Wirkungsweise des Foam Rollings mit aussagekräftigen Daten belegen und beweisen zu können. (JO)

6.6.3 Materialdiskussion

In diesem Kapitel wird lediglich die Anwendung der visuellen Analogskala kritisch betrachtet. Die Diskussionspunkte, die im Hinblick auf die anderen Messinstrumente angeführt werden können, wurden bereits im Kapitel 5.3 detailliert beschrieben. (AG)

6.6.3.1 Visuelle Analogskala

Die visuelle Analogskala wurde genutzt, um das subjektive Schmerzempfinden der beiden Probanden während der Durchführung der Foam Roll-Übungen, im Verlauf der Fallstudie zu bewerten. Die Nutzung einer 100 mm Skala wurde von verschiedenen Autoren als reliabels und valides Messinstrument zur Einstufung der Unannehmlichkeit eines Schmerzes beschrieben (Schomacher 2008).

Die Durchführung dieser Messung gestaltete sich als unkompliziert. Die Probanden führten alle Übungen zu den drei Messzeitpunkten durch und bestimmten nach jeder einzelnen den Wert auf der Schmerzskala. Durch den Schieber der Skala (siehe Abb. 35) konnte der Schmerz sehr genau eingestuft werden. Die sechs Abbildungen auf der Vorderseite der Skala, die die sechs Stufen von „keine Schmerzen“ bis „schlimmste Schmerzen“ darstellen, dienten dabei als sehr gute Orientierungshilfe für die Probanden.

Anzumerken ist in diesem Fall nur, dass die Probanden den Wert immer erst direkt nach der Übung angegeben haben. In einigen wenigen Fällen hatten die Probanden daher leichte Schwierigkeiten das vorangegangene Schmerzerlebnis einzustufen. Ideal wäre daher eine Einstufung des Schmerzes noch während der Proband die jeweilige Muskulatur ausrollt. (AG)

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie haben gezeigt, dass Foam Roll Übungen zu einer Verbesserung der Beweglichkeit der FTL führen können. Es konnte mit Hilfe der Ultraschallaufnahmen und der Cross Correlation Analyse gezeigt werden, dass die Beweglichkeit direkt nach den Übungen signifikant zunimmt. Das aktive Bewegungsausmaß der Wirbelsäule und die Mechanosensitivität der behandelten Muskulatur wurden dagegen nicht signifikant beeinflusst.

Ebenso konnte festgestellt werden, dass der Zeitfaktor in Bezug auf das Faszientraining mit der Foam Roll einen wichtigen Aspekt darstellt. Die Ergebnisse der Fallstudie unterstützen die Vermutung, dass ein langfristiges, regelmäßiges Training mit der Foam Roll die Faszienbeweglichkeit weiter verbessert. Langfristig wird auch die aktive Beweglichkeit erhöht und die Muskelspannung reduziert. Das Foam Rolling stellt daher in seiner Funktion eine sinnvolle Ergänzung zu dem Trainingsprogramm von Sportlern da, um die Regeneration nach dem Sport zu fördern und belastungsabhängige Beschwerden zu reduzieren.

Um die Ergebnisse dieser Arbeit zu bestätigen sind jedoch weitere Studien mit einer größeren Stichprobe notwendig. Insbesondere die langfristige Betrachtung der Effekte des Foam Rollings, wie in der Fallstudie beschrieben, bedarf einer Überprüfung durch eine größere Stichprobe.

Außerdem wurde in dieser Studie nur die Wirkung der Foam Roll Übungen auf die Beweglichkeit der FTL untersucht. Da es generell wenige Informationen zu diesem Themengebiet gibt, sind weitere Studien nötig, um zu überprüfen, wie sich das Foam Rolling auf andere Faszien des menschlichen Körpers auswirkt.

Des Weiteren könnte eine Untersuchung der Wirkung auf Beschwerden von Patienten mit pathologischen Veränderungen der Faszien weitere interessante Informationen zu diesem Thema liefern. Ebenso stellt ein Vergleich des Foam Rollings mit anderen Behandlungsansätzen, wie zum Beispiel dem Stretching oder manuellen Behandlungstechniken der Physiotherapie einen möglichen Studienansatz dar. Es gibt demnach viele Ansätze, um weitere Erkenntnisse über das Foam Rolling zu erlangen und somit die Evidenz dieser Behandlungsmethode zu erhöhen. (JO)

8. Literaturverzeichnis

Ajimsha MS (2011): Effectiveness of direct vs indirect technique myofascial release in the management of tension-type headache IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 15(4): 431-435

Ajimsha MS, Daniel B, Chithra S (2014a): Effectiveness of myofascial release in the management of chronic low back pain in nursing professionals IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 18(2): 273-281

Ajimsha MS, Binsu D, Chithra S (2014b): Effectiveness of myofascial release in the management of plantar heel pain: A randomized controlled trial IN: The Foot, 24(2): 66-71

Andersson GBJ, Lucente T, Davis AM, Kappler RE, Lipton JA, Leurgans S (1999): A comparison of osteopathic spinal manipulation with standard care for patients with low back pain IN: New England Journal of Medicine, 341(19): 1426-1431

Antonaci F, Sand T, Lucas GA (1998): Pressure algometry in healthy subjects: inter-examiner variability IN: Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 30(1): 3-8

Aspden RM (1992): Review of the functional anatomy of the spinal ligaments and the lumbar erector spinae muscles IN: Clinical Anatomy, 5(5): 372-387

Barker PJ, Guggenheimer KT, Grkovic I, Briggs CA, Jones DC, Thomas CDL, Hodges PW (2006): Effects of tensioning the lumbar fasciae on segmental stiffness during flexion and extension IN: Spine, 31(4):397-405

Barker PJ, Hapuarachchi KS, Ross JA, Sambaiew E, Ranger TA, Briggs CA (2014): Anatomy and biomechanics of gluteus maximus and the thoracolumbar fascia at the sacroiliac joint IN: Clinical Anatomy, 27(2): 234-240

Barnes MF (1997): The basic science of myofascial release: morphologic changes in connective tissue. IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 1(4): 231-238

Bednar DA, Orr FT, Simon GT (1995): Observations on the pathomorphology of the thoracolumbar fascia in chronic mechanical back pain - A Microscopic Study IN: Spine, 20(10): 1161-1164

Benjamin M (2009): The fascia of the limbs and back - a review IN: Journal of Anatomy, 214(1): 1-18

Bogduk N, Macintosh JE (1984): The applied anatomy of the thoracolumbar fascia IN: Spine, 9(2): 164-170

Brochwicz P, von Piekartz H, Zalpour C (2013): Sonography assessment of the median nerve during cervical lateral glide and lateral flexion. Is there a difference in neurodynamics of asymptomatic people? IN: Manual Therapy, 18(3): 216-219

Castro-Sanchez AM, Mataran-Penarrocha GA, Arroyo-Morales M, Saavedra-Hernandez M, Fernandez-Sola C, Moreno-Lorenzo C (2011): Effects of myofascial release techniques on pain, physical function, and postural stability in patients with fibromyalgia: a randomized controlled trial IN: Clinical Rehabilitation, 25(9): 800-813

Chen CS, Ingber DE (1999): Tensegrity and mechanoregulation: from skeleton to cytoskeleton. IN: Osteoarthritis and Cartilage, 7(1): 81-94

Cherkin DC, Deyo RA, Battié M, Street J, Barlow W (1998): A comparison of physical therapy, chiropractic manipulation, and provision of an educational booklet for the treatment of patients with low back pain IN: New England Journal of Medicine, 339(15): 1021-1029

Chesterton LS, Sim J, Wright CC, Foster NE (2007): Interrater reliability of algometry in measuring pressure pain thresholds in healthy humans, using multiple raters IN: The Clinical Journal of Pain, 23(9): 760-766

Dillard J, Trafimow J, Andersson GBJ, Cronin K (1991): Motion of the lumbar spine, reliability of two measurement techniques IN: Spine, 16(3): 321-324

Dilley A, Greening J, Lynn B, Leary R, Morris V (2001): The use of the cross-correlation analysis between high-frequency ultrasound images to measure longitudinal median nerve movement IN: *Ultrasound in Biology and Medicine*, 27(9): 1211-1218

Ellis R, Hing W, Dilley A, McNair P (2008): Reliability of measuring sciatic and tibial nerve movement with diagnostic ultrasound during a neural mobilisation technique IN: *Ultrasound in Medicine and Biology*, 34(8): 1209-1216

Findley T, Chaudhry H, Stecco A, Roman M (2012): Fascia research - A narrative review. IN: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 16(1): 67-75

Fischer AA (1987): Pressure algometry over normal muscles. Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold IN: *Pain*, 30(1): 115-126

Fryer G, Hodgson L (2005): The effect of manual pressure release on myofascial trigger points in the upper trapezius muscle IN: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 9(4): 248-255

Fryer G, Ruszkowski W (2004): The influence of contraction duration in muscle energy technique applied to the atlanto-axial joint IN: *Journal of Osteopathic Medicine*, 7(2): 79-84

Gatton ML, Pearcy MJ, Pettet GJ, Evans JH (2010): A three-dimensional mathematical model of the thoracolumbar fascia and an estimate of its biomechanical effect IN: *Journal of Biomechanics*, 43(14): 2792-2797

Gautschi R, Böhni U (2014): Das myofasziale Schmerzsyndrom, Ätiologie und therapeutischer Ansatz IN: *Manuelle Medizin*, 52(3): 203-213

Gemmell H, Hilland A (2011): Immediate effect of electric point stimulation (TENS) in treating latent upper trapezius trigger points: A double blind randomized placebo-controlled trial IN: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 15(3): 348-354

Gracovetsky S (2008): Is the lumbodorsal fascia necessary? IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 12(3): 194-197

Graichen H, Putz R (1999): Anatomische und funktionelle Aspekte von Brust -und Lendenwirbelsäule IN: Der Orthopäde, 28(5): 424-431

Grieve R, Clark J, Pearson E, Bullock S, Boyer C, Jarrett A (2011): The immediate effect of soleus trigger point pressure release on restricted ankle joint dorsiflexion: A pilot randomised controlled trial IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 15(1): 42-49

Grieve R, Barnett S, Coghill N, Cramp F (2013): Myofascial trigger point therapy for triceps surae dysfunction: A case series IN: Manuel Therapy, 18(6): 519-525

Gröbli C, Dejung B (2003): Nichtmedikamentöse Therapie myofaszialer Schmerzen IN: Der Schmerz, 17(6): 475-480

Hanten WP, Chandler SD (1994): Effects of myofascial release leg pull and sagittal plane isometric contract-relax techniques on passive straight-leg raise angle IN: Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 20(3): 138-144

Healey KC, Hatfield DL, Blanpied P, Dorfman LR, Riebe D (2014): The effects of myofascial release with foam rolling on performance IN: The Journal of Strength and Conditioning Research, 28(1): 61-68

Horre T (2004): Finger-Boden-Abstand und Schober-Test - Genügen diese Test wissenschaftlichen Kriterien ? IN: Manuelle Therapie, 8(2): 55-65

Jacobson E (2011): Structural integration, an alternative method of manual therapy and sensorimotor education IN: The Journal of Alternative and Complementary Medicine, 17(10): 891-899

James H, Castaneda L, Miller ME, Findley T (2009): Roling structural integration treatment of cervical spine dysfunction IN: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 13(3): 229-238

Johnson D, Dixon AK, Abrahams PH (1996): The abdominal subcutaneous tissue: computed tomographic, magnetic resonance and anatomical observations IN: *Clinical Anatomy*, 9(1):19-24

Kolber MJ, Pizzini M, Robinson A, Yanez D, Hanney WJ (2013): The reliability and concurrent validity of measurements used to quantify lumbar spine mobility: An analysis of an iphone application and gravity based inclinometry IN: *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(2): 129-137

Langevin HM, Huijing PA (2009): Communicating about fascia: History, pitfalls, and recommendations IN: *International Journal of Therapeutic Massage and Bodywork*, 2(4): 3-8

Langevin HM, Fox JR, Koptiuch C, Badger GJ, Greenan-Naumann AC, Bouffard NA, Konofagou EE, Lee WN, Triano JJ, Henry SM (2011): Reduced thoracolumbar fascia shear strain in human chronic low back pain IN: *BMC Musculoskeletal Disorders*, 12(1): 203

Langevin HM, Stevens-Tuttle D, Fox JR, Badger GJ, Bouffard NA, Krag MH, Wu J, Henry SM (2009): Ultrasound evidence of altered lumbar connective tissue structure in human subjects with chronic low back pain IN: *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10(1): 151-159

Laudner K, Lynall R, Williams JG, Wong R, Onuki T, Meister K (2013): Thoracolumbar range of motion in baseball pitchers and position players IN: *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(6): 777-783

LeBauer A, Brtalik R, Stowe K (2008): The effect of myofascial release (MFR) on an adult with idiopathic scoliosis IN: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 12(4): 356-363

Liptan G, Mist S, Wright C, Arzt A, Jones KD (2013): A pilot study of myofascial release therapy compared to swedish massage in fibromyalgia IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 17(3): 365-370

Luomala T, Pihlman M, Heiskanen J, Stecco C (2014): Case study: Could ultrasound and elastography visualized densified areas inside the deep fascia? IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 18(3): 462-468

MacDonald GZ, Button DC, Drinkwater EJ, Behm DG (2014): Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity IN: Medicine and Science in Sports and Exercise, 46(1): 131-142

Macintosh JE, Bogduk N, Gracovetsky S (1987): The biomechanics of the thoracolumbar fascia IN: Clinical Biomechanics, 2(2): 78-83

Manca A, Limonta E, Pilurzi G, Ginatempo F, De Natale ER, Mercante B, Tolu E, Deriu F (2014): Ultrasound and laser as stand-alone therapies for myofascial trigger points: A randomized, double-blind, placebo-controlled study IN: Physiotherapy Research International, 19(3): 166-175

Miller SA, Mayer T, Cox R, Gatchel RJ (1992): Reliability problems associated with the modified schöber technique for true lumbar flexion measurement IN: Spine, 17(3): 345-348

Oliveira-Campelo NM, de Melo CA, Alburquerque-Sendin F, Machado JP (2013): Short -and medium-term effects of manual therapy on cervical active range of motion and pressure pain sensitivity in latent myofascial pain of the upper trapezius muscle: A Randomized Controlled Trial IN: Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 36(5): 300-309

Price DD, McGrath PA, Rafii A, Buckingham B (1983): The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain IN: Pain 17(1): 45-56

Proske U, Morgan DL, Gregory JE (1993): Thixotropy in skeletal muscle and in muscle spindles: A review IN: Progress in Neurobiology, 41(6): 705-721

Rolf IP (1963): Structural integration, Gravity, an unexplored factor in a more human use of human beings IN: Systematics, 1(1): 67-84

Roylance DS, George JD, Hammer AM, Rencher N, Fellingham GW, Hager RL, Myrer WJ (2013): Evaluating acute changes in joint range-of-motion using self-myofascial release, postural alignment exercises, and static stretches IN: International Journal of Exercise Science 6(4): 310-319

Sawicki GS, Lewis CL, Ferris DP (2009): It pays to have a spring in your step IN: Exercise and Sport Sciences Reviews, 37(3): 130-138

Schleip R (2003): Fascial plasticity - A new neurobiological explanation: Part 1 IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 7(1): 11-19

Schleip R (2004): Die Bedeutung der Faszien in der manuellen Therapie. IN: Deutsche Zeitschrift für Osteopathie, 2(1): 10-16

Schleip R, Duerselen L, Vleeming A, Naylor IL, Lehmann-Horn F, Zorn A, Jaeger H, Klingler W (2012a): Strain hardening of fascia: Static stretching of dense fibrous connective tissue can induce a temporary stiffness increase accompanied by enhanced matrix hydration IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 16(1): 94-100

Schleip R, Grau T (2009): Die Faszienstruktur des menschlichen Körpers und die Rolling-Methode IN: Zeitschrift für Komplementärmedizin, 1(2): 18-23

Schleip R, Jäger H, Klingler W (2012b): What is „fascia“? A review of different nomenclatures IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 16(4), 496-502

Schleip R, Klingler W, Lehmann-Horn F (2008): Faszien besitzen eine der glatten Muskulatur vergleichbare Kontraktionsfähigkeit und können so die muskuloskelettale Mechanik beeinflussen IN: Osteopathische Medizin, 9(4): 19-21

Schleip R, Müller DG (2013): Training principles for fascial connective tissues: Scientific foundation and suggested practical applications IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 17(1): 103-115

Schomacher J (2008): Gütekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewertung. IN: physioscience 4(3): 125-133

Schuenke MD, Vleeming A, Van Hoof T, Willard FH (2012): A description of the lumbar interfascial triangle and its relation with the lateral raphe: anatomical constituents of load transfer through the lateral margin of the thoracolumbar fascia IN: Journal of Anatomy, 221(6): 568-576

Simmonds N, Miller P, Gemmell H (2012): A theoretical framework for the role of fascia in manual therapy IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 16(1): 83-93

Simons DG, Mense S (2003): Diagnose und Therapie myofaszieller Triggerpunkte IN: Der Schmerz, 17(6): 419-424

Srbely JZ, Vernon H, Lee D, Polgar M (2013): Immediate effects of spinal manipulative therapy on regional antinociceptive effects in myofascial tissues in healthy young adults IN: Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 36(6): 333-341

Stecco C, Porzionato A, Lancerotto L, Stecco A, Macchi V, Day JA, De Caro R (2008): Histological study of the deep fasciae of the limbs IN: Journal of Bodywork and Movement Therapies, 12(3): 225-230

Stecco C, Porzionato A, Macchi V, Tiengo C, Parenti A, Aldegheri R, Delmas V, De Caro R (2006): A histological study of the deep fascia of the upper limb IN: Italian Journal of Anatomy and Embryology, 111(2): 105-110

Tesarz J (2010): Die Fascia Thoracolumbalis als potenzielle Ursache für Rückenschmerzen: anatomische Grundlagen und klinische Aspekte IN: Osteopathische Medizin, 11(1): 28-34

Tesarz J, Hoheisel U, Wiedenhöfer B, Mense S (2011): Sensory innervation of the thoracolumbar fascia in rats and humans IN: *Neuroscience*, 194(10): 302-308

Tousignant M, Poulin L, Marchand S, Viau A, Place C (2005): The modified Schober test for range of motion assessment of lumbar flexion in patients with low back pain: A study of criterion validity, intra- and inter-rater reliability and minimum metrically detectable change IN: *Disability and Rehabilitation*, 27(10): 553-559

Tozzi P, Bongiorno D, Vitturini C (2011): Fascial release effects on patients with non-specific cervical or lumbar pain IN: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 15(4): 405-416

Van den Dolder PA, Roberts DL (2003): A trial into the effectiveness of soft tissue massage in the treatment of shoulder pain IN: *Australian Journal of Physiotherapy*, 49(3): 183-188

Vleeming A, Schuenke MD, Masi AT, Carreiro JE, Danneels L, Willard FH (2012): The sacroiliac joint: An overview of its anatomy, function and potential clinical implications IN: *Journal of Anatomy*, 221(6): 537-567

Vleeming A, Schuenke MD, Danneels L, Willard FH (2014): The functional coupling of the deep abdominal and paraspinal muscles: the effects of simulated paraspinal muscle contraction on force transfer to the middle and posterior layer of the thoracolumbar fascia IN: *Journal of Anatomy*, 225(4): 447-462

Walton DM, Macdermid JC, Nielson W, Teasell RW, Chiasson M, Brown L (2011): Reliability, standard error, and minimum detectable change of clinical pressure pain threshold testing in people with and without acute neck pain IN: *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 41(9): 644-650

Wang HQ, Wei YY, Wu ZX, Luo ZJ (2009): Impact of leg lengthening on viscoelastic properties of the deep fascia IN: *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10(1): 105-110

Watanabe K, Miyamoto K, Masuda T, Shimizu K (2004): Use of ultrasonography to evaluate thickness of the erector spinae muscle in maximum flexion and extension of the lumbar spine IN: Spine 29(13): 1472-1477

Willard FH, Vleeming A, Schuenke MD, Danneels L, Schleip R (2012): The thoracolumbar fascia: anatomy, function and clinical reservation IN: Journal of Anatomy, 221(6): 507-536

Williams R, Binkley J, Bloch R, Goldsmith CH, Minuk T (1993): Reliability of the modified-modified schöber and double inclinometer methods for measuring lumbar flexion and extension IN: Physical Therapy, 73(1): 33-44

Williams PE, Catanese T, Lucey EG, Goldspink G (1988): The importance of stretch and contractile activity in the prevention of connective tissue accumulation in muscle IN: Journal of Anatomy, 158: 109-114

Winslow J (2014): Treatment of lateral knee pain using soft tissue mobilization in four female triathletes IN: International Journal of Therapeutic Massage and Bodywork, 7(3): 25-31

Xu YM, Ge HY, Arendt-Nielsen L (2010): Sustained nociceptive mechanical stimulation of latent myofascial trigger point induces central sensitization in healthy subjects IN: Journal of Pain, 11(12): 1348-1355

Yahia LH, Pigeon P, DesRosiers EA (1993): Viscoelastic properties of the human lumbo-dorsal fascia IN: Journal of Biomedical Engineering, 15(5): 425-429

Bücherquellen:

Bradley M, O'Donnell P (2010): Atlas of musculoskeletal ultrasound anatomy, Cambridge University Press, Cambridge: XI

de Gruyter W (2004): Pschyrembel, Klinisches Wörterbuch, 260. Auflage, Walter de Gruyter corporation, Berlin: 12, 23, 51, 112, 568, 680, 688, 774, 832, 887, 1090, 1102, 1123, 1293, 1484, 1570, 1573, 1602, 1900, 1923

Gautschi R (2013): Manuelle Triggerpunkt-Therapie. Myofasziale Schmerzen und Funktionsstörungen erkennen, verstehen und behandeln, Georg Thieme Verlag, Stuttgart: 152, 170, 258, 288

Hüter-Becker A, Betz U, Korn C (2006): Das neue Denkmodell in der Physiotherapie, Band 1: Bewegungssystem, 2. aktualisierte Ausgabe, Georg Thieme Verlag, Stuttgart: 337

Klotz E (2008): Physikalische und technische Grundlagen IN: Birnbaum J, Albrecht R, Ultraschallgestützte Regionalanästhesie, 5. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg: 4, 4ff., 5

Lukas C (2012): Faszienbehandlung mit der Blackroll, Herstellung und Verlag: BoD - Books on Demand, Berlin: 23ff., 25, 27, 28, 28f., 31, 36ff.

Manheim CJ (2011): Praxisbuch Myofascial Release, Verlag Hans Huber, Hogrefe AG, Bern: 11, 13, 17, 19, 22, 23f., 24, 29f.

O'Neill J (2008): Musculoskeletal Ultrasound, Springer Science+Business Media, 9. Auflage, New York: 7f.

Paoletti S (2011): Faszien, Anatomie, Strukturen, Techniken, Spezielle Osteopathie, Urban und Fischer Verlag, Elsevier GmbH, München: 87ff., 103, 114, 117, 118f., 122

Rasch B, Frieze M, Hofmann W, Naumann E (2010a): Quantitative Methoden 1. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler, 3. erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 44f., 60, 68

Rasch B, Frieze M, Hofmann W, Naumann E (2010b): Quantitative Methoden 2. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler, 3. erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 2, 144f., 161

Schiebler TH (2005): Anatomie - Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie, Topographie, 9. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg: 167f., 169, 197

Schulze P (2001): Anatomisches Wörterbuch, Latein - Deutsch/ Deutsch - Latein, 7. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart: 134

Slomka (2014): Faszien in Bewegung, Bedeutung der Faszien in Training und Alltag, Zahlreiche Übungen für Fitness, Gesundheits- und Leistungssport, Meyer und Meyer Verlag, Aachen: 95

Streeck U, Focke J, Klimpel LD, Noack D-W (2006): Manuelle Therapie und komplexe Rehabilitation, 5. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg: 295ff., 297f., 298, 301f.

Thömmes (2014): Faszientraining, Physiologische Grundlagen, Trainingsprinzipien, Anwendungen im Team- und Ausdauersport sowie Einsatz in Prävention und Rehabilitation, Copress Verlag in der Stiebner Verlag GmbH, München: 12, 13, 15, 29ff., 30, 31, 33, 40f., 56, 170

Trepel M (2012): Neuroanatomie, Struktur und Funktion, 5. Auflage, Urban und Fischer Verlag, München: 4

Whittaker JL (2007): Ultrasound imaging for rehabilitation of the lumbopelvic region - a clinical approach, Elsevier Churchill Livingstone, Philadelphia: 2ff., 3ff.

Willmann H, Türck G, Messinger H (2002): Langenscheidt, Taschenwörterbuch Englisch, Langenscheidt Verlag, Berlin und München: 249

Internetquellen

<http://www.blackroll.de/collections>

(zuletzt abgerufen: 18.10.2014)

<http://www.esaote.de/modules/core/page.asp?p=MYLABONE&t=OVE>

(zuletzt abgerufen: 31.10.2014)

<http://www.fab-ent.com/evaluation/sensation/baseline-dolorimeters>

(zuletzt abgerufen: 02.11.2014)

Fama BJ, Bueti DR (2011): The acute effect of self-myofascial release on lower extremity plyometric performance, Theses and Dissertations, Paper 2, Sacred Heart University, IN:

<http://digitalcommons.sacredheart.edu/masterstheses/2/>

(zuletzt abgerufen: 04.01.2015)

<http://www.fasciacongress.org/2007/about.htm>

(zuletzt abgerufen: 10.10.2014)

<http://www.halomedicaldevices.com/products-2/>

(zuletzt abgerufen: 31.10.2014)

Pearcey GEP, Bradbury Squires DJ, Kawamoto J, Drinkwater EJ, Behm DG, Button DC (2014): Foam Rolling for Delayed-Onset Muscle Soreness and Recovery of Dynamic Performance Measures IN: <http://natajournals.org/doi/pdf/10.4085/1062-6050-50.1.01>

(zuletzt abgerufen: 04.01.2015)

Sherer E (2013): Effects of utilizing a myofascial foam roll on hamstring flexibility, Master Thesis, Paper 1140, Eastern Illinois University, IN: <http://thekeep.eiu.edu/theses/1140>

(zuletzt abgerufen: 04.01.2015)

<http://www.valife.de/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/4/e/4eee8f2fff764f47f1b2ba6460678db691a121c9.jpg>

(zuletzt abgerufen: 31.10.2014)

9. Anhang

LITERATURREVIEW ZUM MYOFASCIAL RELEASE	S. 151
LITERATURREVIEW ZUM FOAM ROLLING	S. 154
FLYER ZUR PROBANDENREKRUTIERUNG	S. 157
INFORMATIONSSCHREIBEN FÜR DIE PROBANDEN	S. 158
EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG FÜR DIE STUDIE	S. 160
FRAGEBOGEN FÜR DIE STUDIE	S. 161
ETHISCHES SCREENING PROTOKOLL	S. 163
ANLEITUNG FÜR DIE CROSS CORRELATION SOFTWARE	S. 171
ROHDATEN/STATISTISCHE DATENANALYSE	S. 179

LITERATURREVIEW ZUM MYOFASCIAL RELEASE

Titel	Design/ Level of Evidence	Probanden	Messkriterien/ Follow-up	Ergebnisse	Schlussfolgerung
1. A pilot study of MFR-Therapie compared to Swedish Massage in Fibromyalgia (Liptan et al. 2012)	Experimentelle Pilotstudie mit 2 Gruppen - MFR-Gruppe - Massage-Gruppe	12 Frauen mit diagnostizierter Fibromyalgie (21-50 Jahre)	- 3 Messzeitpunkte (vor der Studie, direkt danach und 2 Wochen nach Ende der Studie) -Fibromyalgia Impact Questionnaire -modified Nordic musculoskeletal Questionnaire	- Verbesserungen in beiden Fragebögen in der MFR-Gruppe signifikant höher als in der Massagegruppe - In der MFR-Gruppe haben 5 von 8 Probanden signifikante Verbesserungen gezeigt im Vergleich zu einem Probanden in der Massage-Gruppe	- beide Interventionen sind bei Fibromyalgie-Patienten wirksam - MFR zeigt aber signifikant höhere Verbesserungen als Massagen
2. Benefits of Massage- MFR Therapy on Pain, Anxiety, Quality of Sleep, Depression, and Quality of Life in Patients with Fibromyalgia (Castro-Sanchez et al. 2010)	RCT mit 2 Gruppen - MFR-Gruppe - Placebogruppe	59 Probanden mit Fibromyalgie zwischen 18 und 65 Jahre alt	- Messungen vor der Intervention, direkt danach und 1 und 8 Monate danach - Schmerz (VAS-Skala) - empfindliche Druckpunkte (Pressure Algometer) - Fragebögen zu Unruhe, Lebensqualität und Schlafdauer der Probanden	- signifikante Reduktion der VAS-Werte in der MFR-Gruppe - signifikante Veränderungen der druckschmerzhaften Punkte - signifikante Verbesserungen in den Werten der Fragebögen - im Follow-up wieder leichte Verschlechterung der Werte, jedoch immer noch signifikant besser als das Ausgangsniveau	- MFR bietet eine effektive Alternative zu Behandlungsmöglichkeiten für Fibromyalgie-Patienten - Ein Langzeiteffekt kann mit dieser Therapie-methode jedoch wahrscheinlich nicht erzielt werden

3. Effectiveness of direct vs indirect MFR- Technique in the management of tension type headache (Ajimsha et al. 2011)	Experimentelle Studie mit 3 Gruppen - Direkte MFR-Technik - Indirekte MFR-Technik - Kontrollgruppe	36 Probanden mit chronischen Spannungskopfschmerzen (18-50 Jahre)	- Differenz zwischen der Anzahl an Tagen mit Kopfschmerzen zu Beginn und am Ende der Studie	- signifikante Reduzierung der Kopfschmerzfrequenz in beiden MFR-Gruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe	- Beide MFR-Techniken sind effektive Methoden zur Reduzierung von Kopfschmerzen
4. Effectiveness of MFR in the management of chronic LBP in nursing professionals (Ajimsha et al. 2014)	RCT mit 2 Gruppen - MFR-Gruppe und spezifische Rückenübungen - Placebogruppe und spezifische Rückenübungen	74 Probanden aus dem Beruf der Krankenpflege mit LBP (20- 40 Jahre)	- Schmerz gemessen mit dem Mc Gill Pain Questionnaire - alltägliche Behinderung gemessen mit der Quebec back pain disability scale	- signifikante Reduzierung der Schmerzwerte und der alltäglichen Behinderung in der MFR-Gruppe nach 8 und 12 Wochen im Vergleich zur Placebogruppe	- MFR in Kombination mit spezifischen Rückenübungen kann eine effektive Therapie gegen chronischen LBP sein
5. Fascial Release effects in patients with non-specific cervical or lumbar pain (Tozzi et al. 2011)	Experimentelle Studie mit 4 Gruppen - 2 NP-Gruppen behandelt mit MFR oder einem Placebo - 2 LBP-Gruppen behandelt mit MFR oder einem Placebo	- 120 Probanden mit chronischen Nacken –oder LWS-Schmerzen (18- 60 Jahre alt)	- quantitative und qualitative Untersuchung der Faszienverschieblichkeit mittels Ultraschall - Schmerz (Mc Gill Pain Questionnaire) - Osteopathische Untersuchung von faszialen Restriktionen	- signifikante Verbesserung der faszialen Beweglichkeit in den MFR-Gruppen im Vergleich zu den Placebogruppen - signifikante Reduzierung der Schmerzen in den MFR-Gruppen	- MFR bewirkt verbesserte Verschieblichkeit der Faszien-schichten und darüber hinaus eine Reduktion der Schmerzen bei Patienten mit Nacken –oder LWS- Schmerzen

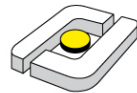
6. Effects of MFR Leg Pull and Sagittal Plane Isometric Contract Relax Techniques on passive Straight leg raise (SLR) angle (Hanten und Chandler 1994)	Experimentelle Studie mit 3 Gruppen - PIR - MFR - Kontrollgruppe	- 75 Frauen mit einem Ausgangswert von 75 Grad, oder weniger, beim SLR	-SLR gemessen mit einem Goniometer (Dehnfähigkeit der Ischiocrualen Muskulatur)	- Die größte Zunahme in der ROM beim SLR zeigt sich in der PIR-Gruppe - auch die MFR zeigt signifikante Verbesserungen im Vergleich zur Kontrollgruppe	- MFR führt zu einer signifikanten Erhöhung der Dehnfähigkeit der Ischiocrualen Muskulatur - PIR zeigt jedoch einen noch höheren Effekt
7. The effect of MFR in an adult with idiopathic scoliosis (Le Bauer et al. 2008)	Single-Case Report	- 18 Jahre alte Frau mit einer bereits länger bestehenden zweibogigen Skoliose	- Schmerz (VAS-Skala) - ROM Flexion, Extension und Rotation der Wirbelsäule - Scoliosis Research Society quality of life questionnaire	- im Laufe der Behandlungseinheiten mit dem MFR zeigten sich deutliche Verbesserungen in den Schmerzwerten und der ROM der Wirbelsäulenrotation	- MFR zeigt deutliche Wirkungen auf die Schmerzen, das Bewegungsausmaß und die Lebensqualität bei Skoliosepatienten

LITERATURREVIEW ZUM FOAM ROLLING

Titel	Design/ Level of Evidence	Probanden	Messkriterien/ Follow up	Ergebnisse	Schlussfolgerung
1. Evaluating Acute Changes in Joint Range-of-Motion using Self-Myofascial Release, Postural Alignment Exercises, and Static Stretches (Roylance et al. 2013)	Querschnittsstudie, abgewandeltes Cross-over Design, verschiedene Kombinationen von Foam Rolling mit Dehnübungen oder Gymnastikübungen	- 27 Teilnehmer, Ausgewählt nach Einschränkungen der Hüftflexion, Studenten	- Hüftflexion und LWS-Flexion (+ M.Gastrocnemius und M. piriformis Flexibilität) - Sit-and-Reach-Test	- Die größten Verbesserungen der Beweglichkeit wurden durch Gymnastik + Foam Rolling und Foam Rolling + Dehnübungen erzielt (andere Kombinationen zeigten auch Verbesserungen)	- Foam Rolling zeigt bei 10 minütiger Anwendung eine akute Verbesserung der jeweiligen Gelenkbeweglichkeit und eine Verbesserung der Muskelflexibilität
2. Foam Rolling as a Recovery Tool after an Intense Bout of Physical Activity (MacDonald et al. 2014)	RCT mit einer Foam Roller und einer Kontrollgruppe	- 20 männliche Teilnehmer (sportlich aktiv)	- ROM Ischiocrurale M. und M. Quadriceps, - Muskelaktivierung (EMG), - max. isometrisch Muskelkontraktion, - Muskelverspannungen, - Muskeleigenschaften (z.B. twitch-force, Kraftentwicklung), Vertical Jump, - Schmerz beim Rollen	- Unterschiede in der Foam Roll Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe in Verbesserung der Muskelverspannungen, der Gelenkbeweglichkeit und der Muskelaktivierung, - kein Unterschied in der max. isometrischen Muskelkontraktion	- Foam Rolling verbessert signifikant die Muskeldehnbarkeit und dadurch die Gelenkbeweglichkeit, zusätzlich positive Beeinflussung von Muskelverspannungen (Schmerzen)

3. The acute effect of self-myofascial release on lower extremity plyometric performance. (Fama und Buetti 2011)	3x3 Crossover Design, Vergleich von Baseline Werten, Foam Rolling, dynamisches Aufwärmprogramm mit den 3 Sprungtests	- 9 männliche Collage-Studenten, sportlich aktiv und ohne Verletzungen der unteren Extremitäten und ohne Vorkenntnisse in plyometrischem Training	Performance Tests – Sprunghöhe 3 Sprungtests, - Squat jump, - Counter movement jumps, - Depth jumps	- Foam Rolling zeigt bei allen 3 Testvarianten die schlechtesten Ergebnisse, - beim Counter movement jump zeigt sich das dynamische Warm-up signifikant besser als Foam Rolling	- Die Anwendung von Foam Rolling zeigt tendenziell eine Verringerung der Performanceparameter in der Muskulatur der unteren Extremität
4. Effects of utilizing a myofascial foam roll on hamstring flexibility. (Sherer 2013)	Randomized controlled Trial mit einer Foam Roll Gruppe und einer Kontrollgruppe	- 20 gesunde Studenten als Teilnehmer, 2x/Woche sportlich aktiv	- Flexibilität der Ischiocruralen M. / ROM Hüftflexion, Sit-and-Reach Test	- Signifikante Verbesserung der Werte des Sit-and-Reach Tests in der Foam Roller Gruppe, die Werte der Kontrollgruppe haben sich über den Zeitraum nicht verbessert	- Foam Rolling verbessert die Flexibilität der hinteren Oberschenkelmuskulatur sodass auch eine verbesserte Beweglichkeit im Hüftgelenk und der Kniestreckung entstehen
5. The Effects of Myofascial Release with Foam Rolling on Performance (Healey et al. 2013)	RCT mit zwei Gruppen - Foam Rolling - statische Halteübungen	- 26 gesunde Studenten (13 Frauen und 13 Männer), ohne jegliche Vorerkrankung.	- Gemessen wurde die vertikale Sprunghöhe und – Kraft, die isometrische Kraft, sowie die Beweglichkeit. - Außerdem wurden Schmerz, Anstrengung und Ermüdung gemessen	- Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Jedoch waren Schmerz, Beweglichkeit und Spannung von beiden Messzeitpunkten verbessert.	- Foam Rolling hat keine Auswirkung auf die Leistungsparameter von Sportlern. Jedoch kann das Anwenden von Foam Rollern ein Gefühl von Entspannung vermitteln, wodurch ein psychologischer Effekt begünstigt werden kann.

6. Foam Rolling for Delayed-Onset Muscle Soreness and Recovery of Dynamic Performance Measures (Pearcey et al. 2014)	Experimentelle, kontrollierte Laborstudie mit zwei Gruppen (Cross-Over Design) - Foam Roll-Gruppe - Kontrollgruppe	- 8 junge, gesunde Studenten	- Muskelspannung M. quadriceps (Algometrie) - verschiedene Performance-Parameter der Muskulatur (dynamische Kraft, Sprintgeschwindigkeit, Richtungswechsel beim Laufen)	- signifikante Reduzierung der Muskelspannung des M. quadriceps - leichte Verbesserungen in der Springeschwindigkeit und der dynamischen Kraftentwicklung	- Foam Rolling stellte eine sinnvolle Ergänzung zum Training dar, um Muskelspannungen nach Anstrengungen zu reduzieren und die Performance-Parameter der Muskulatur zu erhöhen
--	--	------------------------------	--	--	--



Hochschule Osnabrück
University of Applied Sciences

Probanden für Bachelorarbeit gesucht



Wer sind wir?

Wir, Jan Oehlmann (24) und Annika Griefahn (23), sind zwei Physiotherapeuten, die derzeit ihre Bachelorarbeit an der HS Osnabrück schreiben.

Thema?

Foam Roller und die Auswirkungen auf den Rücken

Wen suchen wir?

- Du bist (m/w) im Alter von 18 – 35 Jahre
- Du bist mindestens 1 – 2 mal die Woche sportlich aktiv
- Du hast keine akuten Beschwerden in dem Bereich des Rückens, der Knie und der Hüften
- Du hast Ende September/Anfang Oktober für ca. 2 Stunden Zeit, um einmalig Messungen und Behandlungen mit uns durchzuführen

Wo findet das ganze statt?

Im Bewegungslabor der HS Osnabrück –
Elbestraße Gebäude EA, EC

Messungen sind ohne Nebenwirkungen und nicht aufwändig.



Wenn du uns unterstützen möchtest und eine neue Art an Behandlungsmethode kennenlernen willst, dann melde dich bei uns! Diese neue Behandlungsmethode dient zur Eigenbehandlung von Muskeln, Bindegewebe und Faszien mit einem Foam Roller (siehe Abb.).

Unterstützt werden wir von Prof. Dr. Harry von Piekartz. Bei Interesse senden wir euch gerne ein weiteres Informationsblatt zu. Ebenso stehen wir auch für Rückfragen zur Verfügung. Entweder telefonisch oder per E-Mail.

Wir freuen uns auf euer Engagement.

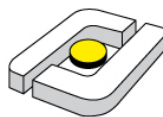
Kontaktdaten:

0157-70640764

0151-12498580

ba.foam.rolling@gmx.de





Hochschule Osnabrück

University of Applied Sciences

Du interessierst dich für unsere Studie – vielen Dank dafür!

Auf diesem Informationsblatt findest du noch weitere Informationen bezüglich des Ablaufs unserer Studie mit den Foam Rollern.

Unsere Studie wird von Prof. Dr. Harry von Piekartz unterstützt.

Was sind Foam Roller?

Foam Roller sind Rollen, welche aus einer Art Kunststoff bestehen und ca. 15cm breit sind (siehe Abbildung). Sie stellen eine neuartige Behandlungsmethode dar. Positiv daran hervorzuheben ist, dass es sich um eine Eigenbehandlung handelt, durch die man Muskulatur, Bindegewebe und Faszien behandeln kann. Durch den Druck von der Rolle auf den Körper wird Einfluss auf diese Strukturen genommen. Besonders gut kann man Muskelverspannungen behandeln und somit die Regeneration fördern. Zusätzlich kann man präventiv gegenüber möglichen Verletzungen arbeiten und die Mobilität des Körpers fördern.



Kurz gesagt, haben Foam Roller einen positiven Einfluss auf die Muskelfunktion.

Selbst die Fußballnationalmannschaft arbeitet seit einigen Jahren mit den Foam Rollern.

Wie ist der Ablauf?

Du wirst vorab in eine von drei Gruppen eingeteilt. Bevor wir einen Termin mit dir vereinbaren, klären wir mit dir telefonisch die Kriterien ab, um an der Studie teilzunehmen. Anschließend vereinbaren wir mit dir einen Termin. Bei diesem Termin solltest du ca. 2 Stunden einplanen. Dabei werden insgesamt drei Messungen durchgeführt - eine vor der Behandlung, eine direkt nach der Behandlung und zusätzlich eine 30 Minuten später. In diesen drei Messungen werden auch drei unterschiedliche Messinstrumente angewendet.

Die Messungen sind ohne Nebenwirkungen und nicht aufwändig!

Die Behandlung hat eine Dauer von ca. 10 – 15 Minuten. Hierbei wird vor allem die Rückenpartie mit Hilfe des Foam Rollers behandelt.

Solltest du in die Kontrollgruppe eingeteilt werden, bekommst du zunächst keine Behandlung, jedoch kannst du diese im Anschluss an die Studie bekommen. Damit du auch in den Genuss der Foam Roll kommen kannst.

Alle Messungen werden von uns durchgeführt und alle gewonnenen Daten vertraulich behandelt.

Wo findet das ganze statt?

Wir werden alle Messungen in dem Bewegungslabor der HS Osnabrück absolvieren. Das Bewegungslabor befindet sich in der Elbestraße in Osnabrück (von der Pagenstecherstraße Richtung Hansastrasse – vor Kaffeepartner direkt links).



Warum solltest du mitmachen?

Es gibt fünf gute Gründe bei dieser Studie mitzumachen:

1. Du lernst eine neue Art von Eigenbehandlung, die die Regeneration nach dem Sport oder die Prävention fördern soll.
2. Du kannst Muskelverspannungen selbst behandeln.
3. Wenn du möchtest bekommst du, als Dankeschön, hinterher unsere Arbeit zugeschickt.
4. Durch die Teilnahme tragt ihr dazu bei, dass die Behandlung von Faszien/Bindegewebe verbessert werden kann.
5. Ihr tut uns einen großen Gefallen damit! ☺

Wenn wir dein Interesse für die Studie geweckt haben, dann melde dich bei uns – wir freuen uns auf euch!

Für weitere Rückfragen stehen wir euch gerne zur Verfügung, sowohl telefonisch, als auch per E-Mail!

0157-70640764

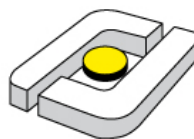
0151-12498580

ba.foam.rolling@gmx.de

Liebe Grüße

Jan und Annika





Hochschule Osnabrück

University of Applied Sciences

Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie: Auswirkungen von Übungen mit der Foam Roll auf die Elastizität der Fascia Thoracolumbalis

Name: _____

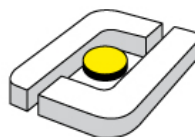
Geburtsdatum: _____

- Ich wurde ausreichend über die wissenschaftliche Untersuchung informiert, die im Rahmen der Bachelorarbeit an der Hochschule Osnabrück durchgeführt wird
- Ich erkläre mich zur Teilnahme an der Studie bereit und bin damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie Daten über mich anonymisiert aufgezeichnet werden.
- Es ist sichergestellt, dass meine Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Bei einer Veröffentlichung einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift werden meine Befunde anonymisiert vorgestellt.
- Die Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz.
- Meine Einverständniserklärung kann ich jederzeit ohne Angaben von Gründen widerrufen.

Mit der im Informationsschreiben geschilderten Erhebung bin ich einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.

(Ort, Datum)

(Unterschrift des Teilnehmers)



Hochschule Osnabrück

University of Applied Sciences

Fragebogen Studie Foam Roller

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Geschlecht: () m () w

Beruf: _____

Sportliche Aktivität:

Häufigkeit? _____

Verein ()

Fitnessstudio ()

Körpergröße: _____

Körpergewicht: _____

BMI-Wert: _____

Sonographienummer: _____

Gruppe: () K

() F

() P

Testergebnisse vorher:

Testgerät	1. Messung
Sonographie L2 und L3	

Algometer

	1. Messung	
	Rechts	Links
M. Multifidius (L5 lateral)		
M. longissimus (TH 12)		
M. latissimus Dorsi (Scapula lateral)		

Schober

1. Messung

Gesamte Thoracolumbalflexion

1. Messung

Testergebnisse nach der Intervention:

Testgerät	1. Messung
Sonographie L2 und L3	

Algometer

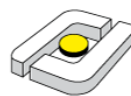
	1. Messung	
	Rechts	Links
M. Multifidius (L5 lateral)		
M. longissimus (TH 12)		
M. latissimus Dorsi (Scapula lateral)		

Schober

1. Messung

Gesamte Thoracolumbalflexion

1. Messung



Hochschule Osnabrück
University of Applied Sciences

Ethisches Screening-Verfahren für Forschungsprojekte die im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten an der Hochschule Osnabrück durchgeführt werden und Probanden einschließen

Dieser Antrag wird von der Kandidatin/ dem Kandidaten vor Beginn des wissenschaftlichen Praxisprojekts (Bachelor oder Master) sorgfältig ausgefüllt und der/m Erstprüfer/in vorgelegt. Letztere/r prüft den Antrag zügig und gewissenhaft darauf hin, ob dieser den Vorgaben der Ethik-Kommission der Hochschule Osnabrück vollständig genügt. Ist dies der Fall, zeichnet sie/er den Antrag gegen und das Votum gilt damit als erteilt (Ziel dieses Verfahrens ist ein zügiges und sicheres Prozessieren von Ethikanträgen im Rahmen von wissenschaftlichen Praxisprojekten).

Wenn hier Zweifel bestehen sollten, wird der Antrag in das reguläre Verfahren eingespeist um hier ein endgültiges Votum zu bekommen.

Alle auf diese Art genehmigten Ethik-Anträge werden der/m Vorsitzenden der Ethik-Kommission zugänglich gemacht.

A Formale Angaben

Daten der/s Antragssteller/in/s	
<ul style="list-style-type: none">Name:Studiengang:Matrikelnummer:AdresseTelefon (mobil)E-Mail	<p>Griefahn, Annika</p> <p>Bachelor of Science – ELP</p> <p>488270</p> <p>Limbergerstr. 70, 49080 Osnabrück</p> <p>01577-0640764</p>

	annika.griefahn@gmx.de
Daten der/s Antragssteller/in/s <ul style="list-style-type: none"> • Name: • Studiengang: • Matrikelnummer: • Adresse • Telefon (mobil) • E-Mail 	Oehlmann, Jan Bachelor of Science – ELP 481385 Oehlen 1 / 49356 Diepholz 01511-2498580 jan.oehlmann@gmx.de
Name Kontaktperson (Erstprüfer & Themensteller) <ul style="list-style-type: none"> • Dozent (Prof.) • E-Mail 	Prof. Dr. Harry J. M. von Piekartz h.von-piekartz@fh-osnabrueck.de
Dieser Antrag bezieht sich auf ein wissenschaftliches Praxisprojekt (WPP) im Rahmen einer <ul style="list-style-type: none"> • Bachelor-Arbeit • Master-Arbeit • Anderes:..... (bitte ankreuzen)	<input checked="" type="checkbox"/>
Titel des geplanten Projektes	Auswirkungen von Übungen mit der Foam Roll auf die Elastizität der Fascia Thoracolumbalis
Zeitraum der geplanten Untersuchung:	Vom 15. Oktober bis 15. November 2014
Daten zu evt. externen beteiligten Einrichtung <ul style="list-style-type: none"> • Name der Einrichtung • Name der Kontaktperson • Adresse • Telefon 	Bewegungslabor der Hochschule Osnabrück, Fachbereich Physiotherapie -

- E-Mail

B. Untersuchungsprotokoll (100 Punkte)

2.1 Das Forschungsprojekt (WPP)	Punkte
<p>a. Beschreiben Sie so genau wie möglich die Fragestellung (Primary Outcome) des Forschungsprojektes (FP)</p> <p>Die Fragestellung unserer Arbeit lautet wie folgt:</p> <p>Können Übungen mit der Foam Roll im Bereich des Rückens Einfluss auf die Elastizität der Fascia thoracolumbalis nehmen?</p> <p>Die dazugehörigen Hypothesen lauten:</p> <p>Primary Outcome/ 1. Nullhypothese (H₀)</p> <p>Es gibt keinen signifikanten Unterschied bei der Elastizität der Fascia thoracolumbalis nach dem Foam Rolling im Vergleich zu der Placebo –und Kontrollgruppe.</p> <p>Primary Outcome/ 1. Forschungshypothese (H₁)</p> <p>Es gibt einen signifikanten Unterschied bei der Elastizität der Fascia thoracolumbalis nach dem Foam Rolling im Vergleich zu der Placebo –und Kontrollgruppe.</p>	Max: 6
<p>b. Was ist das Ziel des FP?</p> <p>Das Ziel des FPs ist es, aufzuzeigen ob Patienten mit Hilfe der Foam Roll Einfluss auf ihren Faszien nehmen können und somit dies als Eigenbehandlung anwenden können. Es soll hauptsächlich gezeigt werden, ob die Behandlung mit der Foam Roll die Elastizität der Faszien verbessert.</p>	Max: 6
<p>c. Was ist relevant für die Berufspraxis?</p> <p>Wenn Übungen mit der Foam Roll effektiv sind, um die Beweglichkeit von Faszien zu verbessern und damit direkt Einfluss auf diese genommen werden kann, könnte die Foam Roll auch eingesetzt werden, um in der Physio-</p>	Max: 6

<p>therapie eine Ergänzung zum manuellen Myofascial Release bei faszialen Störungsbildern zu bilden. So könnte der Patient solche Störungen eventuell auch mit Eigenübungen zu Hause behandeln. Oder die Foam Roll könnte auch präventiv genutzt werden um faszialen Störungen vorzubeugen.</p>	
<p>d. Was ist relevant für die Wissenschaft und Theoriebildung?</p> <p>Auch für den wissenschaftlichen Aspekt ist es relevant in Erfahrung zu bringen, ob die Übungen mit der Foam Roll wirklich einen direkten Einfluss auf die Faszien haben oder nur auf umliegende Strukturen, wie zum Beispiel die Muskulatur. So könnte die genaue Wirkungsweise des Foam Rolling besser beschrieben werden. Außerdem kann mit der Arbeit auch gezeigt werden, ob der Ultraschall in Verbindung mit einer Cross Correlation Software ein valides Messinstrument darstellt, um die Veränderung der Elastizität von Faszien zu analysieren. Die Arbeit könnte auch einen Ausgangspunkt für weitere Studien in diesem Bereich darstellen. Zum Beispiel könnten dann Studien mit Patienten mit verschiedenen Krankheitsbildern durchgeführt werden, die ebenso mit dem Ultraschall untersucht werden.</p>	Max: 6
<p>e. Was ist relevant für Patienten und die Patientenpflege</p> <p>Wenn mit der Foam Roll effektiv auf die Faszien eingewirkt werden kann, dann hat der Patient die Möglichkeit selbst mit Übungen seine Faszien zu beeinflussen. Dies könnte besonders für Sportler interessant sein. Sie können dann die Foam Roll vermehrt zum herkömmlichen Warm-up oder Cool-down vor, beziehungsweise nach dem Sport einsetzen.</p> <p>Kommentare /Anmerkungen des/r Projektleiters/in</p>	Max: 6

2.2. Methoden	Punkte
<p>a. Beschreiben Sie das Untersuchungsdesign und den Entwurf (max. 10 Sätze)</p> <p>Bei unserer Studie handelt es sich um eine experimentelle Studie mit 3 Gruppen.</p> <p>Für unser Primary Outcome wird ein Video von der Fascia Thoracolumbalis mit einem Ultraschallgerät aufgezeichnet und anschließend mit der Cross Correlation Software die Elastizität der Faszie bei einer Rumpfflexion von 15 Grad gemessen. Dazu wird zu Beginn der Studie von jedem Patienten eine Baseline mit den Werten des Ultraschalls, der Goniometer, des Algometers und aus dem Schober-Test erstellt. Anschließend wird die Intervention mit dem Foam Roller durchgeführt. Zusätzlich zu der Foam Rolling- Gruppe gibt es auch eine Kontrollgruppe und eine Placebogruppe.</p> <p>Die Probanden in der Kontrollgruppe, bekommen keine Behandlung. Die Probanden aus der Placebogruppe, führen die Übungen mit der Foam Roll nur mit einem maximalen Druck von circa 2 kg und ohne fließende Bewegung über die Muskulatur durch. Die Foam Roller- Gruppe, führt die Übungen so durch, wie sie in der Literatur zu dem Thema beschrieben werden. Sie rollen also die gesamten Strukturen des Rückens und des Gesäßes von proximal nach distal so aus, wie es auch von den Herstellern der Rolle beschrieben wird. Danach erfolgt eine zweite Messung mit den Messinstrumenten Ultraschall, Algometer, Goniometer und Schober- Test, um Veränderungen in der thoracolumbalen Beweglichkeit im Vergleich zu den Ausgangswerten darzulegen.</p>	Max. 12
<p>b. Welche Testpersonen nehmen an der Studie teil?</p> <p>Beschreiben Sie die Untersuchungspopulation (Alter; gesunde Probanden oder /Patient; vulnerable Gruppen; Ein- und Ausschlusskriterien)</p> <p>Bei der von uns gewählten Probandengruppe handelt es sich um gesunde Probanden im Alter von 18-30 Jahren, die regelmäßig sportlich aktiv sind.</p> <p><u>Einschlusskriterien:</u></p> <p>- männliche oder weibliche Teilnehmer</p>	Max. 12

<ul style="list-style-type: none"> - zwischen 18 und 30 Jahre alt - mindestens 1 – 2 Mal pro Woche sportlich aktiv - keine akuten Beschwerden im Bereich des Rückens, der Knie und der Hüften <p><u>Ausschlusskriterien:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - chronische Erkrankungen des Bewegungsapparates z.B. Multiple Sklerose - Medikamenteneinnahme (Schmerzmedikationen, Antiphlogistika etc.) - vorausgegangenen Operationen oder Injektionen der unteren Extremität und des Rückens im letzten Jahr - akute Verletzungen des restlichen Bewegungsapparates in den letzten 6 Monaten (z.B. Kreuzbandriss) 	
<p>c. Genügen das Informationsschreiben und die Einverständniserklärung der Probanden den Anforderungen der Helsinki-Deklaration?</p> <p>Bitte beides anfügen</p> <p>Durch die Informationsschreiben werden die Anforderungen der Helsinki-Deklaration abgedeckt und die Probanden detailliert über die Studie aufgeklärt. (siehe Anhang)</p> <p>Die Probanden sind durch die Schreiben über den Ablauf der Studie informiert und darüber aufgeklärt, dass sie die Ergebnisse im Anschluss anfordern können. Auch sind sie über die Belastungen der Intervention informiert. Außerdem wird durch die Einverständniserklärung gewährleistet, dass die Probanden freiwillig an der Studie teilnehmen und ihre Einwilligung jederzeit ohne Angabe eines Grundes zurückziehen können.(Informed Consent) Des Weiteren wird dafür gesorgt, dass auch die Kontrollgruppe und die Placebogruppe die gleiche Behandlung wie die Foam Rolling-Gruppe bekommt, indem diese in zwei zusätzlichen Terminen nach der Studie die Foam Roll ausprobieren dürfen.</p> <p>Zuletzt wird versichert, dass mit den Daten vertrauenswürdig und sicher umgegangen wird.</p>	Max. 15
<p>d. Wie ist Ihrer Meinung nach die Belastung der Testperson(en)?</p> <p>Geben Sie eine Begründung (evt. mit Referenzen)</p> <p>Es kann in der Studie durch das Eigengewicht auf der Foam Roll zu höheren</p>	Max. 12

Belastungen der Körperstrukturen des Rückens kommt, wodurch auch Schmerzen während der Durchführung auftreten können. Die Belastung ist jedoch durch eingehende Literaturrecherche und Eigenversuche genau abgeklärt worden. Es kann also genau gesagt werden, dass durch die Intervention keine bleibenden Schmerzen oder Verletzungen entstehen können. Das Risiko der Studie ist also gering. Dies wird auch durch die Wahl einer gesunden, aktiven Probandengruppe unterstützt. Außerdem kann durch Variation der Ausgangsstellung und die Beaufsichtigung der Intervention durch einen Therapeuten eine Überbelastung ausgeschlossen werden.	
Kommentare /Anmerkungen des/r Projektleiters/in	

2.3. Daten-Analyse	Punkte
<p>a. Wie findet die Anonymisierung der Daten statt?</p> <p>Die Anonymisierung der Daten findet statt, indem den Probanden direkt zu Beginn der Durchführung eine Nummer zugeteilt wird, unter der dann auch die Ergebnisse eingetragen und bearbeitet werden. Persönliche Daten werden dadurch gar nicht erst offen gelegt.</p>	Max. 10
<p>b. Wie werden die Daten gespeichert? Wer hat Zugang zu den Quellen und Dokumenten und eventuell anderen Daten, die zu der Person zurückzuführen sind?</p> <p>Die Daten werden nach der Durchführung auf zwei USB Sticks gespeichert und dann auf die Laptops der Verfasser überspielt. Diese sind durch ein Passwort geschützt, sodass auch wirklich nur die zwei Verfasser Zugang zu den erhobenen Daten haben. Nach Möglichkeit werden die Daten der Probanden auf dem Ultraschallgerät nach jedem Untersuchungstag gelöscht, damit auch wirklich niemand anders Zugang zu den Daten erhält.</p>	Max. 10
Kommentare /Anmerkungen des/r Projektleiters/in	

--	--

Dieses Formular ist ehrlich und gewissenhaft ausgefüllt und berücksichtigt ausdrücklich die in der Deklaration von Helsinki genannten Kriterien für Forschung (siehe auch Anlage)

Student/in WPP

Name: Jan Oehlmann..... Unterschrift

Studiengang: B.Sc. ELP.....

Datum: 06.10.2014.....



Student/in WPP

Name: Annika Griefahn..... Unterschrift

Studiengang: B.Sc. ELP.....

Datum: 06.10.2014.....



HINWEISE FÜR DIE BEWEGUNGSANALYSE MIT DEM SOFTWAREPROGRAMM MOTION ANALYSES 2014 v1

In dieser Version der Software, zur Berechnung verschiedenster Gewebewebewegungen anhand von Ultraschallvideos, hat sich die Analyse, im Vergleich zur vorangegangenen Frame by Frame Cross Correlation Software, leicht verändert. In dieser Version werden die Bewegungen durch die Pixelverschiebungen innerhalb eines Rahmens gemessen. Dieser Rahmen ist die sogenannte Region of Interest (ROI). Es werden sowohl transversale, als auch longitudinale Bewegungen gemessen. Wichtig hierfür ist es zu wissen, dass die Bewegung nur in eine Richtung erfolgen sollte, da die Software sonst Bewegungen gegeneinander subtrahiert, was zu einer Beeinflussung der Ergebnisse kommen kann. Es sollte zum Beispiel bei einer Analyse der Rumpfbeugung auch nur der Bewegungsweg der Beugung aufgezeichnet werden beziehungsweise zur Analyse in das Programm eingefügt werden.

Die Software liest nur Filmdateien und keine einzelnen Bilder. Daher werden aus dem Clip Frames (Einzelbilder) mit einer ausgewählten Bildrate extrahiert und in dem dafür vorgesehenen Ordner gespeichert.

Installation:

1. Entfernen / deinstallieren frühere Versionen des Programms.
2. Wenn Matlab nicht auf dem Computer installiert ist: Hierzu die Dateien motion2014v1.exe Datei und MCR-Installationsdateien in ein Verzeichnis der Wahl kopieren. Es wird empfohlen ein neues Verzeichnis "Matlab" zu erstellen. Anschließend kann die Datei MCR-Installer ausgeführt werden (entweder die 32 oder 64-Bit-Version, abhängig von der Windows-Version).

Wenn Matlab (mindestens R2012a (7.17)) bereits vorhanden ist, dann die Datei motion2014v1.exe in das Verzeichnis einfügen.

3. Erstelle eine Verknüpfung zu der motion2014v1.exe Datei auf dem Desktop.

Durchführung der Analyse:

1. Geben Sie den dreistelligen Code ein, um die Software auszuführen. Der Code wird monatlich geändert (Kontakt: Dr. Andrew Dilley).
2. *"Frame Rate"*: Geben Sie die Framerate ein, die analysiert werden soll. Dies kann entweder die Bildrate der Videodatei oder eine niedrigere Bildrate sein. Es wird empfohlen eine Bildrate von 10 Hz (Bilder / s) zu verwenden (Standard = 10 Hz).
3. *"Open Film Analyses"*: Verwenden Sie den Browser, um die Bilddateien zu suchen und aufzurufen. Das Programm wird ein Verzeichnis mit den Namen des Films erstellen. Dieses Verzeichnis enthält alle Analysedaten. Falls ein Verzeichnis bereits vorhanden ist, muss das Verzeichnis unter einem anderen Dateinamen gespeichert werden. Falls keine Umbenennung erfolgt, kann es passieren, dass einige Dateien überschrieben werden.
4. *"Play Movie"*: Diese Option ermöglicht es, die Filmdatei vor der Analyse wiederzugeben.

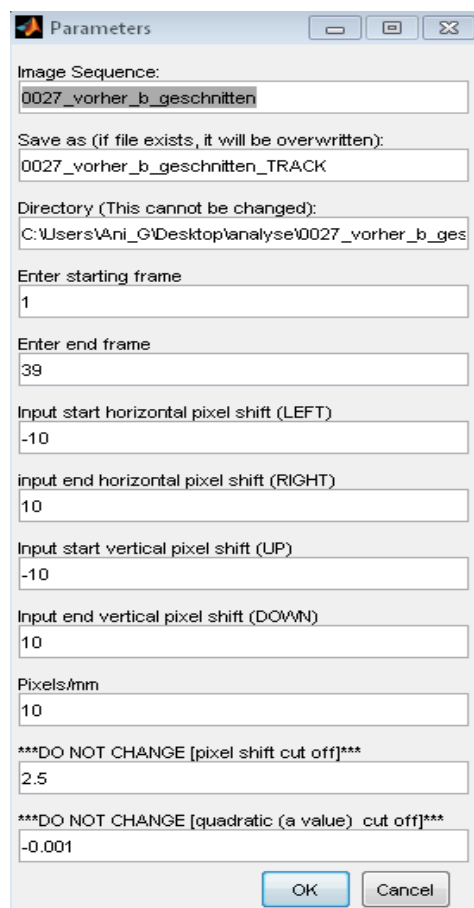
In der nächsten Phase wird das Programm einzelne Bilddateien aus der Film-Datei extrahieren. Diese Bilder werden in dem Analyse-Verzeichnis gespeichert.

5. Parametereinstellungen (siehe Abb. 1):

<i>Image sequence:</i>	Zeigt die Filmdatei.
<i>Save as:</i>	Der Dateiname, welcher verwendet wird, um die Daten zu speichern. Wenn Backgrounddaten analysiert werden, ändert sich der Dateiname automatisch auf 'xxx_BACKGROUND'.
<i>Directory:</i>	Zeigt das Verzeichnis, in dem die Dateien gespeichert werden (dies kann nicht geändert werden).
<i>Enter starting Frame:</i>	Start der Sequenz (der Standardwert ist 1, dies kann geändert werden, falls der Beginn der Analyse an einer anderen Sequenz beginnen soll)

<i>Enter Endframe:</i>	Ende der zu analysierenden Sequenz
<i>Start horizontal pixel shift (left):</i>	Maximale Maße in Pixeln, die im Vergleich zum Rahmen entlang der horizontalen Bildebene nach links versetzt werden (notiert als negativen Wert)
<i>End horizontal pixelshift (right:)</i>	Wie oben. In diesem Fall ist die maximale Verschiebung nach rechts (positiver Wert).
<i>Start vertical pixel shift (up):</i>	Wie oben. Hier ist die maximale Verschiebung nach oben gemeint.
<i>End vertical pixel shift (down):</i>	Wie oben. Hier ist die maximale Verschiebung nach unten beschrieben.
<i>Pixels/mm:</i>	Wählt die Anzahl der Pixel pro mm.

Abbildung 1: Die einzustellenden Parameter des Programms



Parameters

Image Sequence:
0027_vorher_b_geschnitten

Save as (if file exists, it will be overwritten):
0027_vorher_b_geschnitten_TRACK

Directory (This cannot be changed):
C:\Users\Ani_G\Desktop\analyse\0027_vorher_b_ges

Enter starting frame
1

Enter end frame
39

Input start horizontal pixel shift (LEFT)
-10

input end horizontal pixel shift (RIGHT)
10

Input start vertical pixel shift (UP)
-10

Input end vertical pixel shift (DOWN)
10

Pixels/mm
10

DO NOT CHANGE [pixel shift cut off]
2.5

DO NOT CHANGE [quadratic (a value) cut off]
-0.001

OK Cancel

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die letzten zwei Boxen ermöglichen die Pixelverschiebung und das "a" stellt die Wertschwelle dar, welche verändert werden kann. Dies muss jedoch nicht geändert werden.

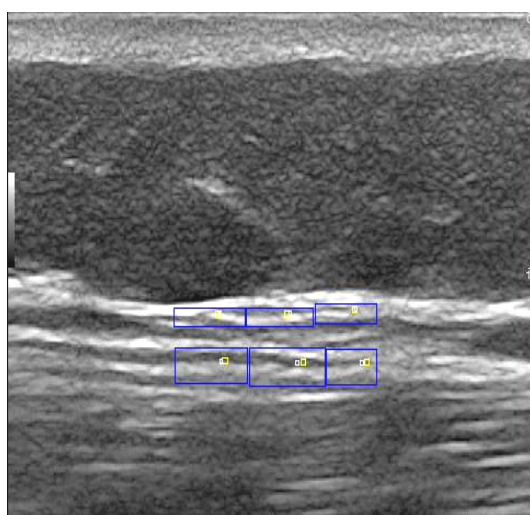
Tipp:

Zur Beschleunigung des Programms sollten kleinere Werte für den horizontalen/vertikalen pixel shift verwendet werden. Wenn zum Beispiel nur eine Bewegung nach rechts vorhanden ist, sollte der Wert für den horizontalen pixel shift nach links, verringert werden. Es sollte daher ein kleinerer Wert eingegeben werden. Wenn es sich um eine langsame Bewegung handelt oder kaum eine Bewegung zu sehen ist, sollten beide Werte für die horizontale Verschiebung reduziert werden.

An dieser Stelle wird das Programm die Bildsequenzen in eine 3D-Sequenz umwandeln.

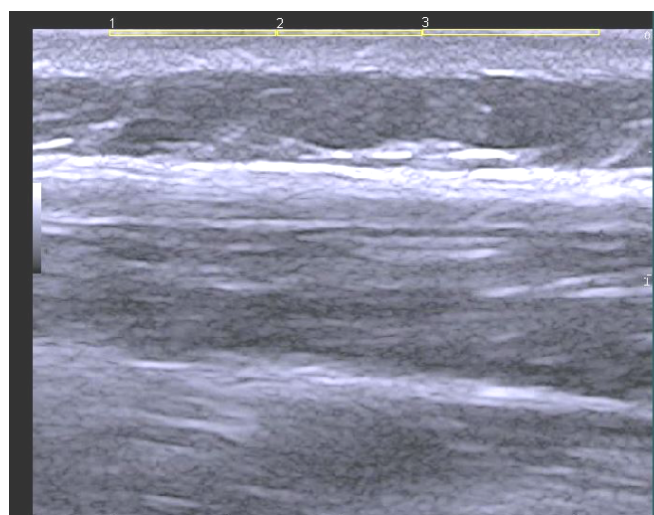
6. "Region of Interest Select (ROI)": Drücke und halte die linke Maustaste, beginne an der linken oberen Ecke der ROI. Ziehe den Rahmen, mit der Maus, bis zu der unteren rechten Ecke des Bereiches der analysiert werden soll. Die Koordinaten werden an der oberen linken Ecke des Bildschirms aufgeführt. Es können mehrere Bereiche ausgewählt werden. Drücken Sie "Nein" (bei dem Fenster: „Another region?“), um die Cross Correlation zu starten (siehe Abb. 2 und Abb. 3).

Abbildung 2: Setzen der ROIs



Beispiel für 6 ROIs, mit den gelben und weißen Ergebnisquadraten, wie unter dem Punkt „Ergebnisse“ genauer erläutert.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 3: Setzen der Background ROIs



Beispiel für 3 ROIs zur Background Dataanalyse.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Tipps:

- Je größer die Fläche des ROIs, desto zuverlässiger ist das Ergebnis, da mehr Pixel in die Auswertung mit einbezogen werden.
- Es sollte vermieden werden, die ROIs über unterschiedliche Gewebearten zu setzen.

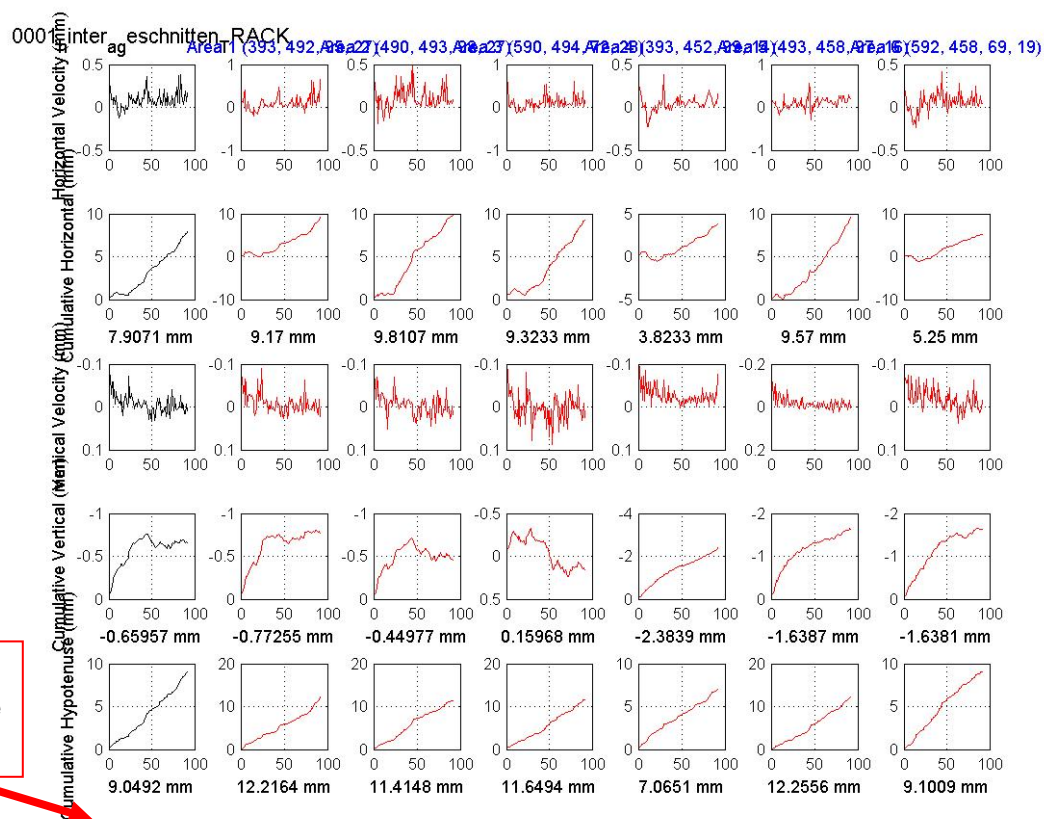
An dieser Stelle analysiert das Programm die Daten.

Die Ergebnisse:

1. Die Ergebnisse für die gesamten (kombinierten) ROIs und der einzelnen ROIs werden in einzelnen Spalten (siehe Abb. 4) aufgezeigt. In der ersten Spalte wird das Gesamtergebnis der Fläche aller ROIs angezeigt. Die Graphen sind wie folgt angelegt (von oben nach unten):
 - Horizontal Geschwindigkeitsprofil
 - Kumulative horizontale Bewegung
 - Vertikale Geschwindigkeitsprofil
 - Kumulative vertikale Bewegung
 - Kumulative Hypotenuse (berücksichtigt sowohl horizontale und vertikale Bewegung unabhängig von ihrer Richtung)

Alle Bewegungen werden in mm angezeigt.

Abbildung 4: Ergebnisse ohne Background Subtraction



Beispiel für die ausgegebenen Diagramme. In dieser Darstellung wurden 6 ROIs verwendet.
(Quelle: Eigene Darstellung)

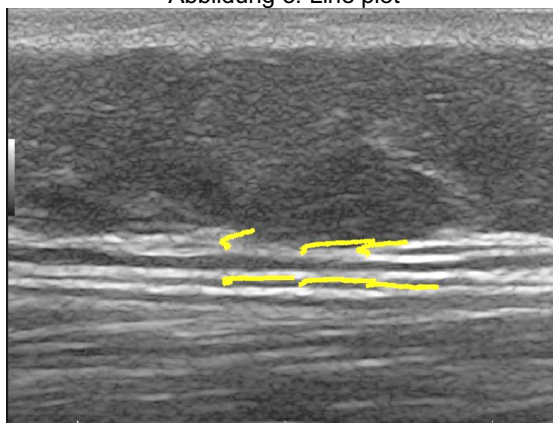
Die Ergebnisgrafiken werden gespeichert. Diese Diagramme können bei Bedarf gedruckt werden. Falls der ‚Background‘ nicht mit analysiert wurde, wird ‚No background data present‘ angezeigt.

Tipps:

- Die kombinierte Gesamtspalte der ganzen Bewegung (erste Spalte) ist in der Regel das zuverlässigste Ergebnis. Dieser Wert ist mit dem Durchschnitt der einzelnen ROIs gleichzusetzen.
- Es kann zu einem schlechten Ergebnis kommen, wenn die einzelnen ROIs zu klein gesetzt worden sind, oder die Bildqualität nicht ausreichend ist. In solche Fällen kann es notwendig sein die Analyse noch einmal durchzuführen.
- Die Bewegungen sollten möglichst gleichmäßig sein. Das Diagramm von dem Geschwindigkeitsprofil sollte einer Rechteckwelle nahe kommen. Aussetzer können auftreten, wenn die Bildqualität zu schlecht ist, wodurch das Programm versagt. Falls dies auftritt, sollte ebenfalls ein "reanalysing" durchgeführt werden. In diesem Fall sollten jedoch andere ROIs gesetzt werden.

2. *"Movie"*: Bei dem Abspielen des Clips können die Ergebnisse betrachtet werden. Die blauen Rechtecke stellen die ROI dar. Die kleinen gelben Quadrate zeigen das Ergebnis für jeden Bereich. Die weißen Quadrate zeigen das Ergebnis für die gesamte/kombinierte Fläche. Die weißen Quadrate bewegen sich in normalerweise in jedem ROI gleich. Der Film wird anschließend gespeichert.
3. *"Line plot"*: Ein Liniendiagramm kann auf dem ersten Bild der Sequenz angezeigt werden, welches die Bewegung für jeden ROI (gelbe Linie) darstellt. Dieses Diagramm kann ebenfalls gespeichert werden.

Abbildung 5: Line plot

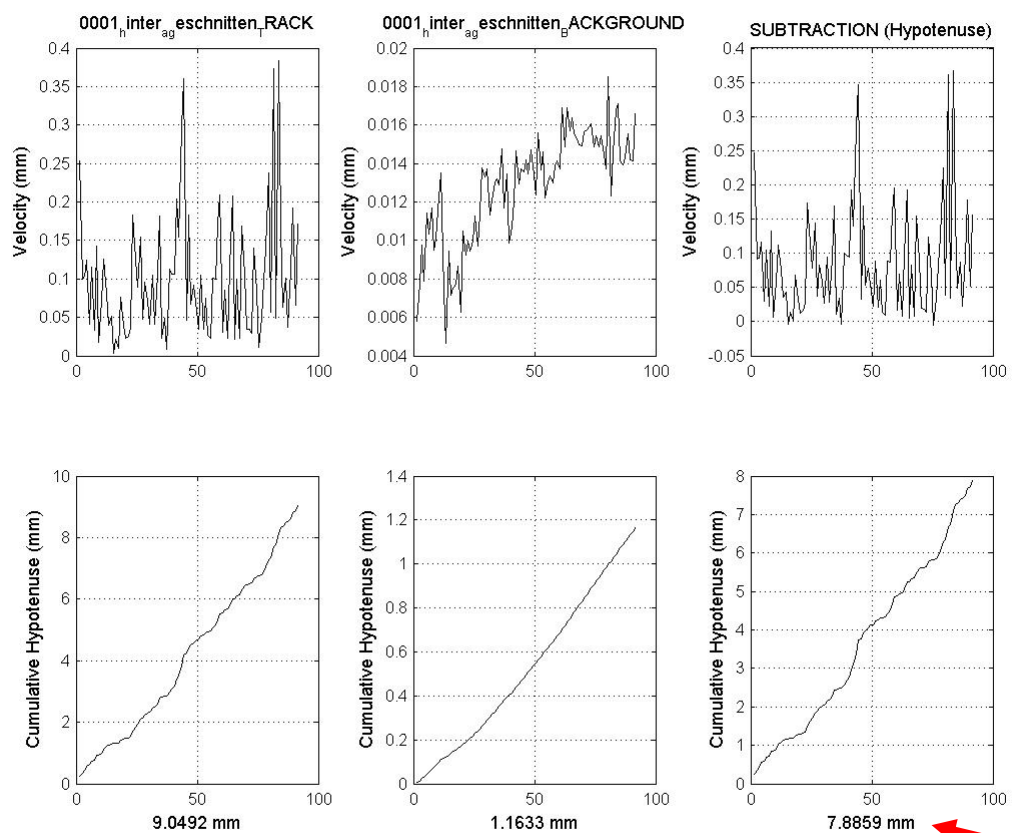


Beispiel eines 'line plots' für eine Bewegung.
(Quelle: Eigene Darstellung)

4. Falls die Option "Analyse Background" ausgewählt worden ist, kann der Hintergrund ebenfalls analysiert werden. Dadurch entsteht die Möglichkeit eine "Background Subtraction" durchzuführen. Somit wird gewährleistet, dass nur die Bewegung des Gewebes, welches analysiert werden soll, in die Ergebnisse einfließt (siehe Abb. 3). Nach der Analyse des Backgrounds kann gewählt werden, wovon der Hintergrund abgezogen werden soll:
 - Horizontale Daten
 - Vertikale Daten
 - Hypotenuse Daten

Hinweis: Sollte Interesse an der Gesamtbewegung bestehen, sollte die Subtraktion von den Hypotenusen Daten erfolgen.

Abbildung 6: Endergebnis der Bewegung nach der Subtraktion



Beispiel für die Gesamtdatenanalyse mit Background Data
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Graphen werden in drei Spalten angeordnet.

Absolutes Endergebnis nach
der Subtraktion, um Daten
zu vergleichen

Anschließend ist die Möglichkeit gegeben die Grafiken auszudrucken. Danach können weitere Subtraktionen durchgeführt werden. Die Diagramme und Daten werden erneut gespeichert.

5. ‚Repeat‘: Das Programm ermöglicht es, die Bilder neu zu analysieren. Bei Bestätigung dieses Dialogs kann zwischen drei Bereichen gewählt werden:

- Neue Bereiche
- Gleiche Bereiche
- Hintergrund

Nach Vernein einer erneuten Analyse ist die Bewegungsberechnung für dieses Video abgeschlossen.

Sonographie:

Foam Roll Gruppe:

Prüfung auf Normalverteilung mit Hilfe des K-S-Test:

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Ultraschall vor-her	Ultraschall nachher	dif_ultra
N		13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	4,195523	5,986977	1,791454
	Standardabweichung	2,3572718	2,3873663	1,3152063
Extremste Differenzen	Absolut	,182	,168	,138
	Positiv	,182	,168	,138
	Negativ	-,145	-,130	-,125
Statistik für Test		,182	,168	,138
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Test bei gepaarten Stichproben

		Paare mit gepaarten Stichproben					T	df	Sig. (2-seitig)
		Gepaarte Differenzen							
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
Untere	Obere								
Paaren 1	Ultraschall vorher - Ultraschall nachher	-1,7914538	1,3152063	,3647726	-2,5862251	-,9966826	-4,911	12	,000

Placebogruppe:

Prüfung auf Normalverteilung mit Hilfe des K-S-Test:

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Ultraschall vor-her	Ultraschall nachher	dif_ultra
N		12	12	12
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	4,360608	4,528717	,168108
	Standardabweichung	,9951983	1,3499576	,6600906
Extremste Differenzen	Absolut	,208	,130	,144
	Positiv	,127	,063	,144
	Negativ	-,208	-,130	-,126
Statistik für Test		,208	,130	,144
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,160 ^c	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere				Obere
Paaren 1	Ultraschall vorher - Ultraschall nachher	-,1681083	,6600906	,1905517	-,5875099	,2512932	-,882	11	,397

Kontrollgruppe:

Prüfung auf Normalverteilung mit Hilfe des K-S-Test:

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Ultraschall vor- her	Ultraschall nachher	dif ultra
N		13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	5,158069	5,172015	,013946
	Standardabweichung	2,2440184	2,1572319	,6908603
Extremste Differenzen	Absolut	,271	,229	,156
	Positiv	,271	,229	,156
	Negativ	-,166	-,159	-,094
Statistik für Test		,271	,229	,156
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,010 ^c	,062 ^c	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Median der Differenzen zwischen Ultraschall vorher und Ultraschall nachher ist gleich	Wilcoxon-Vorzeichenrangtest bei überbundenen Stichproben	,861	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau 05.

t-Test zwischen der Foam Roll Gruppe x Placebogruppe**Test bei unabhängigen Stichproben**

	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
	F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
								Untere	Obere
dif_ultra Varianzen sind gleich	3,650	,069	3,847	23	,001	1,6233455	,4219299	,7505170	2,4961741
Varianzen sind nicht gleich			3,945	17,982	,001	1,6233455	,4115447	,7586604	2,4880306

t-Test zwischen der Foam Roll Gruppe x Kontrollgruppe**Test bei unabhängigen Stichproben**

	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
	F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
								Untere	Obere
dif_ultra Varianzen sind gleich	3,722	,066	4,314	24	,000	1,7775077	,4120358	,9271076	2,6279078
Varianzen sind nicht gleich			4,314	18,154	,000	1,7775077	,4120358	,9123776	2,6426377

t-Test zwischen der Placebogruppe x Kontrollgruppe

Test bei unabhängigen Stichproben

T-Test für unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
						Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
F	Signifikanz	T	df							
dif_ultra	Varianzen sind gleich	,000	,984	,569	23	,575	,1541622	,2707443	-,4059151	,7142394
	Varianzen sind nicht gleich			,570	22,967	,574	,1541622	,2702303	-,4048964	,7132208

Faszienbeweglichkeit mit der Cross Correlation Software nach Dr. Andrew Dilley

Prüfung auf Normalverteilung mit Hilfe des K-S-Tests

	normalverteilt	nicht normalverteilt
Ausgangswert Foam Roll Gruppe	p=0,2	
Ausgangswert Placebogruppe	p=0,16	
Ausgangswert Kontrollgruppe		p=0,01
Endwert Foam Roll Gruppe	p=0,2	
Endwert Placebogruppe	p=0,2	
Endwert Kontrollgruppe	p=0,062	
Differenzen vorher/nachher Foam Roll Gruppe	p=0,2	
Differenzen vorher/nachher Placebogruppe	p=0,2	
Differenzen vorher/nachher Kontrollgruppe	p=0,2	

Modifizierter, modifizierter Schober:

Foam Roll Gruppe:

Überprüfung auf Normalverteilung

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

	Schober 1	Schober 2	diffschob
N	13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}			
Mittelwert	6,885	6,892	-,0077
Standardabweichung	1,4673	1,3194	,33282
Extremste Differenzen			
Absolut	,135	,196	,272
Positiv	,135	,196	,180
Negativ	-,079	-,160	-,272
Statistik für Test	,135	,196	,272
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,200 ^{c,d}	,181 ^c	,009 ^c

- a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
b. Aus den Daten berechnet.
c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.
d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
			Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Paaren Schober 1 - Schober 2	-,0077	,3328	,0923	-,2088	,1934	-,083	12	,935

Placebogruppe:Überprüfung auf Normalverteilung**Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest**

		Schober 1	Schober 2	diffschob
N		12	12	12
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	7,075	7,108	,0167
	Standardabweichung	1,0358	1,0808	,30401
Extremste Differenzen	Absolut	,145	,237	,262
	Positiv	,100	,099	,262
	Negativ	-,145	-,237	-,241
Statistik für Test		,145	,237	,262
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,061 ^c	,022 ^c

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:**Test bei gepaarten Stichproben**

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Paaren Schober 1 - Schober 2	-,0333	,3576	,1032	-,2605	,1939	-,323	11	,753

Kontrollgruppe:Überprüfung auf Normalverteilung**Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest**

		Schober 1	Schober 2	diffschob
N		13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	6,731	6,723	,0077
	Standardabweichung	1,5702	1,5282	,32265
Extremste Differenzen	Absolut	,134	,160	,279
	Positiv	,098	,146	,279
	Negativ	-,134	-,160	-,202
Statistik für Test		,134	,160	,279
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,007 ^c

- Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
- Aus den Daten berechnet.
- Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.
- Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
			Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Paaren Schober 1 1 - Schober 2	,0077	,3226	,0895	-,1873	,2027	,086	12	,933

Mann-Whitney-U-Test zwischen der Foam Roll Gruppe x Placebogruppe

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von diffschob ist über die Kategorien von Gruppe identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,728 ¹	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 05.

¹Für diesen Test wird die exakte Signifikanz angezeigt.

Mann-Whitney-U-Test zwischen der Foam Roll Gruppe x Kontrollgruppe

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von diffschob ist über die Kategorien von Gruppe identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,724 ¹	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 05.

¹Für diesen Test wird die exakte Signifikanz angezeigt.

Mann-Whitney-U-Test zwischen der Placebogruppe x Kontrollgruppe

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von diffschob ist über die Kategorien von Gruppe identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	1,000 ¹	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist .05.

¹Für diesen Test wird die exakte Signifikanz angezeigt.

Überprüfung auf Normalverteilung in Tabellenform

Prüfung auf Normalverteilung mit Hilfe des K-S-Tests

	normalverteilt	nicht normalverteilt
Ausgangswert Foam Roll Gruppe	p=0,2	
Ausgangswert Placebogruppe	p=0,2	
Ausgangswert Kontrollgruppe	p=0,2	
Endwert Foam Roll Gruppe	p=0,181	
Endwert Placebogruppe	p=0,061	
Endwert Kontrollgruppe	p=0,2	
Differenzen vorher/nachher Foam Roll Gruppe		p=0,009
Differenzen vorher/nachher Placebogruppe		p=0,022
Differenzen vorher/nachher Kontrollgruppe		p=0,007

Goniometrie:

Foam Roll Gruppe:

Überprüfung auf Normalverteilung:

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		gesamt Flexion 1	gesamt Flexion 2	dif_gesamt_flex
N		13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	90,8203	92,4615	-2,1538
	Standardabweichung	14,02269	12,90029	5,93267
Extremste Differenzen	Absolut	,126	,151	,116
	Positiv	,102	,151	,116
	Negativ	-,126	-,101	-,103
Statistik für Test		,126	,151	,116
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paa- ren 1	gesamt Flexion 1 - gesamt Flexion 2	-1,64128	6,46098	1,79195	-5,54562	2,26305	-,916	12	,378

Placebogruppe:**Überprüfung auf Normalverteilung****Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest**

		gesamt Flexion 1	gesamt Flexion 2	dif_gesamt_flex
N		12	12	12
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	89,7497	92,0556	-,8333
	Standardabweichung	16,51902	18,16025	11,24879
Extremste Differenzen	Absolut	,170	,179	,166
	Positiv	,126	,131	,166
	Negativ	-,170	-,179	-,146
Statistik für Test		,170	,179	,166
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:**Test bei gepaarten Stichproben**

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paa- ren 1	gesamt Flexion 1 - gesamt Flexion 2	-2,30583	10,85126	3,13249	-9,20040	4,58873	- ,736	11	,477

Kontrollgruppe:

Überprüfung auf Normalverteilung

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		gesamt Flexion 1	gesamt Flexion 2	dif_gesamt_flex
N		13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	97,2692	98,1026	-,8333
	Standardabweichung	12,79531	12,91954	10,53390
Extremste Differenzen	Absolut	,176	,167	,158
	Positiv	,176	,167	,104
	Negativ	-,135	-,106	-,158
Statistik für Test		,176	,167	,158
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paa- ren 1	gesamt Flexion 1 - gesamt Flexion 2	-,83333	10,53390	2,92158	-7,19890	5,53224	- ,285	12	,780

t-Test zwischen der Foam Roll Gruppe x Placebogruppe

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifi- kanz	T	df	Sig. (2- sei- tig)	Mittlere Differenz	Standard- fehler der Differenz	95% Konfidenzinter- vall der Differenz	
									Untere	Obere
dif_gesamt_fle	Varian- zen sind gleich	3,723	,066	-,371	23	,714	-1,32051	3,55543	-8,67548	6,03445
x	Varian- zen sind nicht gleich			-,363	16,38 4	,721	-1,32051	3,64034	-9,02301	6,38199

t-Test zwischen der Foam Roll Gruppe x Kontrollgruppe

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifi- kanz	T	df	Sig. (2- sei- tig)	Mittlere Differenz	Standard- fehler der Differenz	95% Konfidenzin- tervall der Differenz	
									Untere	Obere
dif_gesamt_fle	Varian- zen sind gleich	2,178	,153	-,394	24	,697	-1,32051	3,35306	-8,24090	5,59987
x	Varian- zen sind nicht gleich			-,394	18,91 7	,698	-1,32051	3,35306	-8,34065	5,69962

t-Test zwischen der Placebogruppe x Kontrollgruppe:

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifi- kanz	T	df	Sig. (2- seitig)	Mittlere Diffe- renz	Standard- fehler der Differenz	95% Konfidenzin- tervall der Differenz	
									Untere	Obere
dif_gesamt_fle	Varian- zen sind gleich	,121	,731	,000	23	1,000	,00000	4,35615	-9,01139	9,01139
x	Varian- zen sind nicht gleich			,000	22,50 1	1,000	,00000	4,36809	-9,04719	9,04719

Überprüfung auf Normalverteilung in Tabellenform:

Prüfung auf Normalverteilung mit Hilfe des K-S-Tests

	normalverteilt	nicht normalverteilt
Ausgangswert Foam Roll Gruppe	p=0,2	
Ausgangswert Placebogruppe	p=0,2	
Ausgangswert Kontrollgruppe	p=0,2	
Endwert Foam Roll Gruppe	p=0,2	
Endwert Placebogruppe	p=0,2	
Endwert Kontrollgruppe	p=0,2	
Differenzen vorher/nachher Foam Roll Gruppe	p=0,2	
Differenzen vorher/nachher Placebogruppe	p=0,2	
Differenzen vorher/nachher Kontrollgruppe	p=0,2	

Algometrie:

Foam Roll Gruppe:

Überprüfung auf Normalverteilung:

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Mittelwert multi re	Mittelwert multi li	Mittelwert longi re	Mittelwert longi li		
		1	1	1	1	Mittelwert LD re 1	Mittelwert LD li 1
N		13	13	13	13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	6,6821	6,7256	7,1897	6,8946	4,8664	4,0231
	Standardabweichung	1,83261	2,00301	2,60688	2,38480	2,50815	1,54210
Extremste Differenzen	Absolut	,199	,132	,247	,150	,169	,131
	Positiv	,131	,090	,181	,122	,169	,130
	Negativ	-,199	-,132	-,247	-,150	-,117	-,131
Statistik für Test		,199	,132	,247	,150	,169	,131
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,169 ^c	,200 ^{c,d}	,029 ^c	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Mittelwert multi re	Mittelwert multi li	Mittelwert longi re	Mittelwert longi li	Mittelwert LD re 2	Mittelwert LD li 2
		2	2	2	2		
N		13	13	13	13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	6,5538	6,6333	6,8536	6,9051	4,4667	4,0205
	Standardabweichung	2,70317	2,70346	2,62327	2,56052	2,19659	1,61547
Extremste Differenzen	Absolut	,255	,205	,237	,271	,219	,133
	Positiv	,146	,136	,115	,135	,219	,133
	Negativ	-,255	-,205	-,237	-,271	-,151	-,084
Statistik für Test		,255	,205	,237	,271	,219	,133
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,021 ^c	,140 ^c	,044 ^c	,010 ^c	,089 ^c	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		multi dif re	multi dif li	longi dif re	longi dif li	ld dif re	ld dif li
N		13	13	12	13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	,1282	,0923	,1994	-,0026	,3949	-,0103
	Standardabweichung	1,45002	1,46939	1,53720	1,02501	1,20553	,79202
Extremste Differenzen	Absolut	,132	,149	,203	,168	,161	,160
	Positiv	,119	,115	,158	,105	,114	,160
	Negativ	-,132	-,149	-,203	-,168	-,161	-,142
Statistik für Test		,132	,149	,203	,168	,161	,160
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,186 ^c	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

- a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
- b. Aus den Daten berechnet.
- c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.
- d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Median der Differenzen zwischen Mittelwert multiple 1 und Mittelwert multiple 2 ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichenrangtest bei verbundenen Stichproben	,807	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Mittelwert multi li 1 - Mittelwert multi li 2	,09231	1,46939	,40754	-,79563	,98025	,227	12	,825
Paaren 2	Mittelwert LD re 1 - Mittelwert LD re 2	,39974	1,20247	,33350	-,32690	1,12639	1,199	12	,254
Paaren 3	Mittelwert LD li 1 - Mittelwert LD li 2	,00256	,81152	,22508	-,48783	,49296	,011	12	,991

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Median der Differenzen zwischen Mittelwert longi li 1 und bei Mittelwert longi li 2 ist gleich 0. verbundenen Stichproben	Wilcoxon-Vorzeichenrang	,861	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Median der Differenzen zwischen Mittelwert longi re 1 und bei Mittelwert longi re 2 ist gleich 0. verbundenen Stichproben	Wilcoxon-Vorzeichenrang	,382	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist

Placebogruppe:

Überprüfung auf Normalverteilung:

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest						
	Mittelwert multi re	Mittelwert multi li	Mittelwert longi re	Mittelwert longi li		
	1	1	1	1	Mittelwert LD re 1	Mittelwert LD li 1
N	12	12	12	12	12	12
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}						
Mittelwert	6,9553	6,8358	7,2494	7,5475	4,9053	4,5997
Standardabweichung	2,30453	2,34790	2,41785	2,40524	1,92252	1,53511
Extremste Differenzen						
Absolut	,183	,155	,186	,208	,135	,173
Positiv	,123	,106	,128	,154	,104	,110
Negativ	-,183	-,155	-,186	-,208	-,135	-,173
Statistik für Test	,183	,155	,186	,208	,135	,173
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,158 ^c	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

- a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
- b. Aus den Daten berechnet.
- c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.
- d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Mittelwert multi re 2	Mittelwert multi li 2	Mittelwert longi re 2	Mittelwert longi li 2	Mittelwert LD re 2	Mittelwert LD li 2
N		12	12	12	12	12	12
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	7,4331	6,8642	7,7944	7,6553	5,1831	5,0081
	Standardabweichung	2,22852	2,19182	2,12621	2,20282	1,79664	1,72477
Extremste Differenzen	Absolut	,125	,141	,170	,149	,155	,149
	Positiv	,125	,090	,150	,144	,086	,099
	Negativ	-,107	-,141	-,170	-,149	-,155	-,149
Statistik für Test		,125	,141	,170	,149	,155	,149
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		multi dif re	multi dif li	longi dif re	longi dif li	ld dif re	ld dif li
N		12	12	12	12	12	12
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	-,4778	,0167	-,2444	,1194	-,4056	-,3694
	Standardabweichung	,86109	1,02607	1,05967	1,05010	,61870	1,00679
Extremste Differenzen	Absolut	,168	,188	,175	,191	,225	,166
	Positiv	,168	,188	,120	,191	,225	,123
	Negativ	-,117	-,159	-,175	-,135	-,155	-,166
Statistik für Test		,168	,188	,175	,191	,225	,166
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,095 ^c	,200 ^{c,d}

- a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
- b. Aus den Daten berechnet.
- c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.
- d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Mittelwert multi re 1 - Mittelwert multi re 2	-,47778	,86109	,24858	-1,02489	,06933	-1,922	11	,081
Paaren 2	Mittelwert multi li 1 - Mittelwert multi li 2	-,02833	1,03716	,29940	-,68731	,63064	-,095	11	,926
Paaren 3	Mittelwert longi re 1 - Mittelwert longi re 2	-,54500	,94560	,27297	-1,14580	,05580	-1,997	11	,071
Paaren 4	Mittelwert longi li 1 - Mittelwert longi li 2	-,10778	,87002	,25115	-,66056	,44500	-,429	11	,676
Paaren 5	Mittelwert LD re 1 - Mittelwert LD re 2	-,27778	,67784	,19567	-,70845	,15290	-1,420	11	,183
Paaren 6	Mittelwert LD li 1 - Mittelwert LD li 2	-,40833	1,02259	,29520	-1,05805	,24139	-1,383	11	,194

Kontrollgruppe:

Überprüfung auf Normalverteilung:

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest						
		Mittelwert multi re	Mittelwert multi li	Mittelwert longi re	Mittelwert longi li	
		1	1	1	1	Mittelwert LD re 1
						Mittelwert LD li 1
N		13	13	13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	7,6513	7,8231	7,6462	7,9821	4,9331
	Standardabweichung	1,83760	1,63222	1,91677	1,66247	1,98275
Extremste Differenzen	Absolut	,136	,168	,161	,173	,170
	Positiv	,121	,129	,110	,114	,170
	Negativ	-,136	-,168	-,161	-,173	-,139
Statistik für Test		,136	,168	,161	,173	,170
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}

- a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
- b. Aus den Daten berechnet.
- c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.
- d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Mittelwert multi re 2	Mittelwert multi li 2	Mittelwert longi re 2	Mittelwert longi li 2	Mittelwert LD re 2	Mittelwert LD li 2
N		13	13	13	13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	8,1077	7,8872	8,2205	8,2718	5,2359	5,1026
	Standardabweichung	1,68337	1,93441	1,73694	1,77841	1,98972	2,37192
Extremste Differenzen	Absolut	,198	,220	,225	,251	,193	,183
	Positiv	,130	,220	,153	,211	,193	,183
	Negativ	-,198	-,182	-,225	-,251	-,153	-,139
Statistik für Test		,198	,220	,225	,251	,193	,183
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,172 ^c	,085 ^c	,071 ^c	,025 ^c	,199 ^c	,200 ^{c,d}

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		multi dif re	multi dif li	longi dif re	longi dif li	ld dif re	ld dif li
N		13	13	13	13	13	13
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	-,4564	-,0641	-,4051	-,2897	-,3282	-,5000
	Standardabweichung	,99827	1,30551	1,51681	1,17508	1,12125	1,56578
Extremste Differenzen	Absolut	,146	,158	,194	,249	,173	,279
	Positiv	,146	,102	,175	,249	,117	,192
	Negativ	-,087	-,158	-,194	-,094	-,173	-,279
Statistik für Test		,146	,158	,194	,249	,173	,279
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,196 ^c	,027 ^c	,200 ^{c,d}	,007 ^c

- a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
- b. Aus den Daten berechnet.
- c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.
- d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Vorher/Nachher Vergleich:

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Mittelwert multi re 1 - Mittelwert multi re 2	-,45641	,99827	,27687	-1,05966	,14684	-1,648	12	,125
Paaren 2	Mittelwert multi li 1 - Mittelwert multi li 2	-,06410	1,30551	,36208	-,85301	,72481	-,177	12	,862
Paaren 3	Mittelwert longi re 1 - Mittelwert longi re 2	-,57436	1,08740	,30159	-1,23147	,08275	-1,904	12	,081
Paaren 4	Mittelwert LD re 1 - Mittelwert LD re 2	-,30282	1,05591	,29286	-,94090	,33526	-1,034	12	,322
Paaren 5	Mittelwert LD li 1 - Mittelwert LD li 2	-,51282	1,36460	,37847	-1,33744	,31180	-1,355	12	,200

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Median der Differenzen zwischen Mittelwert longi li 1 und Mittelwert longi li 2 ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichenrang und bei verbundenen Stichproben	,248	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist

t-Test zwischen der Foam Roll Gruppe x Placebogruppe:

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
multi_dif_re	Varianzen sind gleich	5,517	,028	1,256	23	,222	,60598	,48232	-,39177	1,60373
	Varianzen sind nicht gleich			1,282	19,772	,215	,60598	,47279	-,38096	1,59292
multi_dif_li	Varianzen sind gleich	2,134	,158	,148	23	,884	,07564	,51110	-,98164	1,13293
	Varianzen sind nicht gleich			,150	21,486	,882	,07564	,50381	-,97064	1,12192
longi_dif_re	Varianzen sind gleich	3,339	,081	,824	22	,419	,44389	,53897	-,67387	1,56165
	Varianzen sind nicht gleich			,824	19,529	,420	,44389	,53897	-,68213	1,56991
longi_dif_li	Varianzen sind gleich	,020	,889	-,294	23	,771	-,12201	,41517	-,98085	,73683
	Varianzen sind nicht gleich			-,294	22,736	,772	-,12201	,41559	-,98227	,73825
ld_dif_re	Varianzen sind gleich	2,035	,167	2,061	23	,051	,80043	,38840	-,00303	1,60389
	Varianzen sind nicht gleich			2,112	18,208	,049	,80043	,37907	,00469	1,59617

ld_dif_li	Varianzen sind gleich	,377	,545	,996	23	,330	,35919	,36075	-,38707	1,10545
	Varianzen sind nicht gleich			,986	20,904	,335	,35919	,36431	-,39865	1,11703

t-Test zwischen der Foam Roll Gruppe x Kontrollgruppe

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
multi_dif_re	Varianzen sind gleich	3,272	,083	1,197	24	,243	,58462	,48826	-,42309	1,59233
	Varianzen sind nicht gleich			1,197	21,289	,244	,58462	,48826	-,42993	1,59916
multi_dif_li	Varianzen sind gleich	,361	,553	,287	24	,777	,15641	,54515	-,96872	1,28154
	Varianzen sind nicht gleich			,287	23,672	,777	,15641	,54515	-,96955	1,28237
longi_dif_re	Varianzen sind gleich	,751	,395	,989	23	,333	,60457	,61113	-,65964	1,86879
	Varianzen sind nicht gleich			,989	22,786	,333	,60457	,61147	-,66100	1,87015
ld_dif_re	Varianzen sind gleich	,026	,874	1,584	24	,126	,72308	,45662	-,21934	1,66549
	Varianzen sind nicht gleich			1,584	23,875	,126	,72308	,45662	-,21960	1,66575

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von Id_dif_li ist über die Kategorien von Gruppe identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,579 ¹	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ,05.

¹Für diesen Test wird die exakte Signifikanz angezeigt.

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von longi_dif_li ist über die Kategorien von Gruppe identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,287 ¹	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ,05.

¹Für diesen Test wird die exakte Signifikanz angezeigt.

t-Test zwischen der Placebogruppe x Kontrollgruppe

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
multi_dif_re	Varianzen sind gleich	,316	,579	-,057	23	,955	-,02137	,37437	-,79581	,75308
	Varianzen sind nicht gleich			-,057	22,906	,955	-,02137	,37209	-,79126	,74853
multi_dif_li	Varianzen sind gleich	,692	,414	,171	23	,866	,08077	,47244	-,89654	1,05808
	Varianzen sind nicht gleich			,173	22,461	,864	,08077	,46780	-,88824	1,04978
longi_dif_re	Varianzen sind gleich	,134	,717	,305	23	,763	,16068	,52767	-,93088	1,25224
	Varianzen sind nicht gleich			,309	21,490	,760	,16068	,52015	-,91952	1,24089
ld_dif_re	Varianzen sind gleich	1,751	,199	-,211	23	,835	-,07735	,36668	-,83589	,68119
	Varianzen sind nicht gleich			-,216	18,970	,832	-,07735	,35862	-,82803	,67332

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von longi_dif_li ist über die Kategorien von Gruppe identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,295 ¹	Nullhypothese beibehalten
2	Die Verteilung von ld_dif_li ist über die Kategorien von Gruppe identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,852 ¹	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau 05.

¹Für diesen Test wird die exakte Signifikanz angezeigt.

Überprüfung auf Normalverteilung in Tabellenform:

Prüfung auf Normalverteilung mit Hilfe des K-S-Tests

	normalverteilt	nicht normalverteilt
Ausgangswert Foam Roll Gruppe M. multifidius re M. multifidius li M. longissimus re M. longissimus li M. latissimus dorsi re M. latissimus dorsi li	 $p=0,169$ $p=0,2$ $p=0,2$ $p=0,2$ $p=0,2$	 $p=0,029$
Ausgangswert Placebogruppe M. multifidius re M. multifidius li M. longissimus re M. longissimus li M. latissimus dorsi re M. latissimus dorsi li	 $p=0,2$ $p=0,2$ $p=0,2$ $p=0,158$ $p=0,2$ $p=0,2$	
Ausgangswert Kontrollgruppe M. multifidius re M. multifidius li M. longissimus re M. longissimus li M. latissimus dorsi re M. latissimus dorsi li	 $p=0,2$ $p=0,2$ $p=0,2$ $p=0,2$ $p=0,2$ $p=0,2$	
Endwert Foam Roll Gruppe M. multifidius re M. multifidius li M. longissimus re M. longissimus li M. latissimus dorsi re M. latissimus dorsi li	 $p=0,14$ $p=0,089$ $p=0,2$	 $p=0,021$ $p=0,044$ $p=0,01$

Endwert Placebogruppe M. multifidius re M. multifidius li M. longissimus re M. longissimus li M. latissimus dorsi re M. latissimus dorsi li	p=0,2 p=0,2 p=0,2 p=0,2 p=0,2 p=0,2	
Endwert Kontrollgruppe M. multifidius re M. multifidius li M. longissimus re M. longissimus li M. latissimus dorsi re M. latissimus dorsi li	p=0,172 p=0,085 p=0,071 p=0,199 p=0,2	p=0,025
Differenzen vorher/nachher Foam Roll Gruppe M. multifidius re M. multifidius li M. longissimus re M. longissimus li M. latissimus dorsi re M. latissimus dorsi li	p=0,2 p=0,2 p=0,2 p=0,2 p=0,2	p>0,001
Differenzen vorher/nachher Placebogruppe M. multifidius re M. multifidius li M. longissimus re M. longissimus li M. latissimus dorsi re M. latissimus dorsi li	p=0,2 p=0,2 p=0,2 p=0,2 p=0,095 p=0,2	

Differenzen vorher/nachher		
Kontrollgruppe		
M. multifidius re	p=0,2	
M. multifidius li	p=0,2	
M. longissimus re	p=0,196	
M. longissimus li		p=0,027
M. latissimus dorsi re	p=0,2	
M. latissimus dorsi li		p=0,007